

Incidencia de la energía solar fotovoltaica en zonas rurales de Morona Santiago, Ecuador, año 2025

Incidence of photovoltaic solar energy in rural areas of Morona Santiago, Ecuador, 2025

Christian Geovanny Astudillo Astudillo, Diego Patricio Cisneros Quintanilla, Daniel Andrade Pesantez

Resumen

Este artículo analiza la incidencia de la energía solar fotovoltaica en zonas rurales de Morona Santiago, aborda los desafíos de la electrificación rural en las comunidades de difícil acceso de la Amazonia ecuatoriana. En respuesta a esta problemática, la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur (CENTROSUR), a través de su Unidad de Energías Renovables (UER), han implementado sistemas fotovoltaicos autónomos (SFV por sus siglas en inglés) en comunidades aisladas del cantón Morona. Esta iniciativa busca mejorar la calidad de vida de los habitantes de una comunidad mediante el acceso a energía eléctrica limpia y sostenible, en áreas donde no existen redes eléctricas y no se puede construir, puesto que no es factible, ni técnica ni financieramente. El estudio mide la incidencia de estos sistemas en tres áreas clave: bienestar, autonomía de energía y sustentabilidad ecológica, basándose en datos originales del campo mediante un enfoque cualitativo, se realizó encuestas con escala Likert con una fiabilidad de 0,79 (Alfa de Cronbach), observación directa y análisis de datos secundarios del INEC y CENTROSUR, además, los resultados de correlación revela vínculos inversos entre experiencia y necesidades de capacitación, enfatizando la participación comunitaria. La solución planteada no solo representa una alternativa viable para proveer de servicio eléctrico a comunidades rurales, sino que también tiene una alineación directa con los objetivos estratégicos del Plan Maestro de Electricidad del Ecuador, que establece como meta una cobertura del 99,65% en todas las provincias en el año 2032. Asimismo, promueve el uso de tecnologías limpias como herramienta para el desarrollo social y la conservación ambiental.

Palabras clave: Energía solar; electrificación rural; sistemas fotovoltaicos; sostenibilidad; autonomía.

Christian Geovanny Astudillo Astudillo

Universidad Católica de Cuenca | Cuenca | Ecuador | christian.astudillo.15@est.ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0009-0272-2596>
cristiancgaa@gmail.com

Diego Patricio Cisneros Quintanilla

Universidad Católica de Cuenca | Cuenca | Ecuador | dcisneros@ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0897-8938>

Daniel Andrade Pesantez

Universidad Católica de Cuenca | Cuenca | Ecuador | dandradep@ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0586-4038>

<http://doi.org/10.46652/rgn.v11i49.1609>
ISSN 2477-9083
Vol. 11 No. 49, enero-marzo, 2026, e2601609
Quito, Ecuador

Enviado: octubre 30, 2025
Aceptado: noviembre 24, 2025
Publicado: enero 26, 2026
Publicación Continua



Abstract

This article analyzes the incidence of photovoltaic solar energy in rural areas of Morona Santiago, addresses the challenges of rural electrification in communities of the Ecuadorian Amazon. In response to this problem, the Empresa Electrica Regional Centro Sur (CENTROSUR), through its Renewable Energy Unit (UER), has implemented autonomous photovoltaic systems (SFV for its acronym in English) in isolated communities of the canton of Morona. This initiative seeks to improve the quality of life of the inhabitants of a community through access to clean and sustainable electricity in areas where there are no electrical networks and cannot be built, since it is not feasible, either technically or financially. The study measures the impact of these systems in three key areas: well-being, energy autonomy and ecological sustainability, based on original field data. In addition, technical training mechanisms and public funding are proposed to ensure the long-term operation of the systems. Using a mixed approach, combining quantitative and qualitative methodologies, surveys were carried out with the Likert scale, direct observation, and analysis of secondary data from INEC and CENTROSUR. The results obtained were analyzed with Cronbach's Alfa, obtaining a 0.79 of reliability, and Spearman's correlation reveals inverse links between experience and training needs, emphasizing community participation. The proposed solution not only represents a viable alternative to provide electricity service to rural communities but also has a direct alignment with the strategic objectives of Ecuador's Electricity Master Plan, which sets as a target a coverage of 99,65% in all provinces by 2032. It also promotes the use of clean technologies as a tool for social development and environmental conservation.

Keywords: Solar energy; rural electrification; photovoltaic systems; sustainability; autonomy.

Introducción

La disponibilidad de energía eléctrica ha jugado un papel fundamental en el crecimiento socioeconómico, facilitando el desarrollo en aquellas regiones que han estado históricamente marginadas, en el contexto de Ecuador, aunque se han registrado avances significativos en la cobertura energética nacional, las áreas rurales de la Amazonía, particularmente en la provincia de Morona Santiago, continúan enfrentando déficits notables, estos se deben principalmente a factores geográficos como la topografía accidentada, la baja densidad poblacional y la limitada infraestructura de transporte, que elevan los costos de extensión de redes eléctricas convencionales (Eras-Almeida et al., 2019). Ante esta situación, los sistemas fotovoltaicos constituyen una respuesta viable y sostenible. Estos sistemas convierten la radiación solar en electricidad mediante el uso de paneles fotovoltaicos, almacenándola en baterías para su uso en ausencia de conexión a la red principal (Sánchez-Salcedo et al., 2016).

Los sistemas fotovoltaicos han sido clave en la electrificación rural a nivel mundial, impactando a más de 150 millones de personas en países en desarrollo, según datos de la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA, 2020). En regiones como India, Bangladesh y Kenia, estos sistemas han facilitado el acceso a iluminación, refrigeración y comunicaciones en comunidades aisladas, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y promoviendo la autonomía energética (García & Martín, 2019). En Ecuador, el Atlas Solar del Ecuador destaca el alto potencial de radiación solar en Morona Santiago, con un promedio superior a 4,5 kWh/m²/día, lo que lo posiciona como un sitio ideal para proyectos fotovoltaicos (Eras-Almeida et al., 2023), sin embargo, experiencias históricas revelan limitaciones, como la falta de mantenimiento adecuado y la insuficiente apropiación comunitaria, que han llevado al abandono prematuro de

sistemas instalados en las décadas de 1990 y 2000 (Intiam Ruai, 2006). Para superar estos desafíos, se enfatiza la necesidad de modelos integrales que incluyan capacitación local y mecanismos de gestión participativa (Cuenca-Enrique et al., 2024).

Los avances tecnológicos recientes han potenciado la viabilidad de los paneles solares en entornos rurales (Eras-Almeida et al., 2023), por ejemplo, la tecnología de almacenamiento actual se caracteriza por las baterías de litio, que superan a las tradicionales de plomo-ácido en densidad de energía y durabilidad, por otro lado, los paneles solares monocristalinos alcanzan rendimientos de más del 22% al emplear algoritmos de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) en sus reguladores (Eras-Almeida et al., 2023).

Desde una perspectiva de sostenibilidad, los paneles solares son una alternativa mucho más limpia que el diésel, ya que reducen notablemente las emisiones de CO₂. Esto ayuda a frenar el cambio climático y a proteger zonas vulnerables como la Amazonía (Eras-Almeida et al., 2023), no obstante, es crucial abordar el ciclo de vida de los componentes, implementando planes de manejo ambiental para el reciclaje de baterías y paneles, minimizando impactos ecológicos (Sánchez-Salcedo et al., 2016). La integración comunitaria es fundamental para la longevidad de estos proyectos; enfoques que fomentan la participación local, la capacitación técnica y la igualdad de género en equipos de mantenimiento han probado ser efectivos en promover la corresponsabilidad y el empoderamiento (Odoi-Yorke et al., 2024).

Desde el punto de vista económico, la caída en los costos de los paneles solares (cercana al 89% desde 2010) ha hecho que los sistemas fotovoltaicos sean cada vez más asequibles para electrificación rural. Además, los subsidios estatales y los mecanismos de financiamiento mixto (público-privado) permiten recuperar la inversión con mayor rapidez (Kim & Jung, 2018).

Este análisis abordó la electrificación fotovoltaica en áreas específicas de Taisha y Tiwintza de la provincia de Morona Santiago. En el estudio se propuso evaluar el impacto de los paneles solares en el desarrollo local, al centrarse en el uso de un recurso renovable disponible en gran cantidad, como la radiación solar, junto con un enfoque de gestión comunitaria que fomente la participación, (Numminen & Lund, 2019).

Metodología

Para llevar a cabo esta investigación, se empleó un enfoque cualitativo. Se utilizaron encuestas estructuradas basadas en una escala de Likert para evaluar las relaciones entre variables dependientes e independientes, tales como la calidad de vida de los habitantes y la implementación de tecnología fotovoltaica, lo que permitió explorar la percepción y comportamiento en el entorno real de estudio, así como el análisis documental para recopilar y analizar datos secundarios provenientes de fuentes oficiales como el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y los informes de proyectos de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur (CENTROSUR).

El tipo de investigación es de carácter exploratorio, orientado a identificar tendencias en el uso de energías renovables, como la adopción de paneles solares en la Amazonía ecuatoriana y en la opinión de las comunidades respecto a los sistemas fotovoltaicos, adicionalmente, se empleó un enfoque concluyente y descriptivo para obtener un perfil claro de los consumidores que residen en áreas rurales (Hinestroza-Olascuaga, 2021), cuantificar las demandas energéticas y evaluar la factibilidad económica de estas tecnologías.

Se recopilaron datos cualitativos, como percepciones subjetivas sobre la aceptación comunitaria, barreras culturales asociadas a la dependencia de combustibles diésel y narrativas sobre el impacto en la calidad de vida, incluyendo aspectos de salud, educación y productividad. La planificación previa incluyó el diseño de un cuestionario cuya fiabilidad fue confirmada mediante el Coeficiente Alfa de Cronbach, estructurado para abordar variables independientes (implementación de paneles solares) y dependientes (calidad de vida). Este indicador evalúa la consistencia interna de las respuestas en un conjunto de ítems relacionados, específicamente aquellos que miden la aceptación de la energía solar. En contextos de desarrollo de proyectos renovables, esta fiabilidad es crucial, ya que respalda la utilidad de los hallazgos para decisiones técnicas y sociales, como la planificación de instalaciones de paneles solares que mejoren la calidad de vida. Debido a restricciones logísticas inherentes a la geografía de la zona, el estudio se limitó a una muestra de 24 familias, seleccionadas de manera representativa para capturar una diversidad de hogares en términos de tamaño, ingresos y ubicación, bajo este contexto, Morona Santiago abarca un área extensa, con caminos precarios, ríos que requieren cruces en canoa y distancias que pueden tomar horas o días en recorrer. Expandir la muestra implicaría un mayor costo de transporte, tiempo y personal. Las zonas geográficas escogidas para este estudio son comunidades alejadas de Tiwintza y Taisha.

Una vez recolectados los datos de manera física, se procedió a su digitalización inicial mediante la carga en Google Forms, una herramienta eficiente que permitió un manejo estructurado pese a los desafíos de la recolección manual. Esta plataforma facilitó la organización automática de respuestas, para posteriormente usar la herramienta SPSS, para generar gráficos preliminares y correlaciones entre las variables citadas.

Análisis de los resultados

A continuación, se presentan los resultados de la encuesta enfocada en paneles solares y calidad de vida. La fiabilidad de la escala se determinó mediante el Alfa de Cronbach se obtuvo un coeficiente de 0.79, lo que valida la consistencia interna de la escala utilizada en el presente estudio. Esta validación asegura que los resultados no sean distorsionados por preguntas ambiguas o inconsistentes.

Pasando al análisis de los datos en sí, se aplicaron pruebas de normalidad como Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk. Estos métodos estadísticos, adecuados para muestras pequeñas y no paramétricas, revelaron que la mayoría de las preguntas no siguen una distribución normal, con

valores p inferiores a 0.05 que rechazan la hipótesis nula de normalidad. Esta no normalidad es común en encuestas de campo en áreas rurales, donde las respuestas pueden estar influenciadas por factores como ingresos variables o percepciones subjetivas sobre la sostenibilidad. Como resultado, el análisis evitó asumir distribuciones gaussianas, optando por enfoques robustos que eviten sesgos en la interpretación de variables independientes (viabilidad técnica, económica y social) y dependientes (acceso a energía e impactos socioeconómicos).

Para investigar las asociaciones entre las preguntas, se utilizó el coeficiente Rho de Spearman, ideal para datos no normales ya que mide correlaciones monotónicas en lugar de lineales. Los resultados muestran correlaciones de bajas a moderadas, lo que sugiere que las preguntas son en gran medida independientes y no se solapan excesivamente, evitando redundancias que podrían inflar artificialmente los hallazgos. En general, estas correlaciones bajas refuerzan la estructura de la encuesta, permitiendo un análisis multifacético de cómo la implementación de paneles solares podría mitigar problemas como la falta de iluminación para actividades educativas o laborales, fomentando el desarrollo económico local.

La estructura multifacética de la encuesta, sustentada por las bajas correlaciones entre las variables, permite un análisis diverso sobre cómo la implementación de paneles solares puede mitigar problemas clave (como la falta de luz para el estudio o el trabajo) y, de esta forma, impulsar el desarrollo económico a nivel local.

Tabla 1. Análisis de Correlaciones

Pregunta	Correlación con	Rho	p-valor	Interpretación
Experiencia previa con Panel Solar	Acuerdo con sostenibilidad	-0.507	0.011*	La experiencia previa de los usuarios se asocia con una menor prioridad dada a los aspectos de sostenibilidad. Esta tendencia sugiere que las preocupaciones funcionales prevalecen sobre el enfoque ambiental.
Experiencia previa con Panel Solar	Disposición con subsidios	-0.462	0.026*	La experiencia reduce dependencia percibida de subsidios, indicando autosuficiencia.
Experiencia previa con Panel Solar	Interés en capacitación	-0.554	0.005**	Quienes han usado paneles solares muestran menor interés en capacitarse, sugiriendo confianza excesiva. Esto nos enfrenta con desafíos de mantenimiento dentro del proyecto.
Experiencia previa con Panel Solar	Disposición a pagar mantenimiento	0.397	0.055	La experiencia previa aumenta la tendencia de invertir, reflejando valor percibido.
Acuerdo con sostenibilidad	Acceso comunitario	0.417	0.043*	Mejor acceso geográfico correlaciona con actitudes favorables, facilitando implementación técnica.
Disposición con subsidios	Interés en capacitación	-0.559	0.006**	Se ha identificado que la dependencia de los subsidios está inversamente relacionada con el interés de los usuarios en la formación y capacitación.

Pregunta	Correlación con	Rho	p-valor	Interpretación
Interés en capacitación	Desarrollo económico	0.452	0.026*	Un mayor interés en capacitación se asocia con percepción de beneficios económicos, enfatizando el desarrollo económico comunitario.
Disposición a pagar	Interés en capacitación	-0.478	0.018*	La disposición a pagar reduce interés en capacitación gratuita, posiblemente por preferencia a soluciones pagadas.
Disposición a pagar	Desarrollo económico	-0.469	0.021*	Se observa una correlación negativa inesperada que sugiere que las percepciones positivas sobre el ahorro económico no son el principal motor para el cumplimiento de pagos. En cambio, los subsidios actúan como el incentivo más determinante.
Percepción desarrollo económica general	Actitudes favorables	0.48	<0.05	Una correlación positiva en la que las percepciones favorables influyen directamente en la motivación para la adopción de la tecnología.

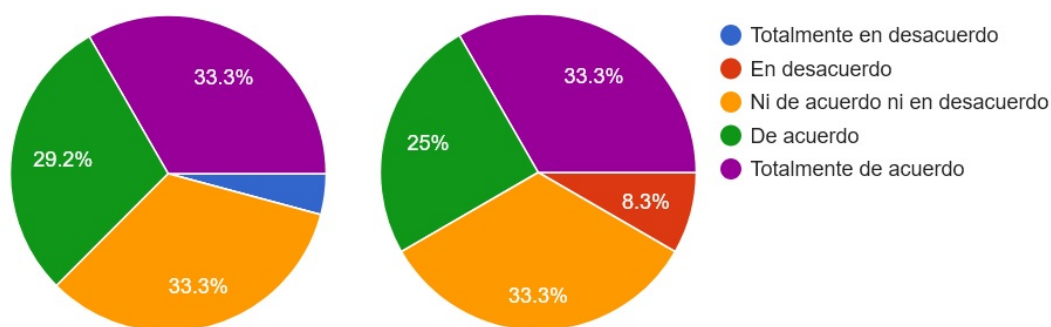
Fuente: elaboración propia

Nota. Datos obtenidos de los resultados de la encuesta realizada (2025).

El estudio evalúa percepciones, barreras y oportunidades para la adopción de paneles solares, enfocándose en aspectos sociales, económicos y técnicos, la encuesta, que involucró a familias de áreas rurales de Morona Santiago, revela un potencial significativo para la transición energética sostenible, pero destaca la necesidad de intervenciones estratégicas para superar obstáculos como el acceso limitado y la falta de conocimiento, este análisis, se alinea con tendencias globales en energías renovables, donde la energía solar fotovoltaica ha demostrado reducir emisiones de carbono y fomentar el desarrollo local, como sería el caso de la Amazonía ecuatoriana.

Un hallazgo inicial clave es que la gran mayoría de los encuestados, específicamente el 79.17%, no tiene experiencia previa en el uso de paneles solares, lo que indica una brecha significativa en el acceso a esta tecnología en zonas y remotas. Sin embargo, el 20.83% que sí ha interactuado con ellos podría servir como referente para campañas de promoción comunitaria. Desde una perspectiva de viabilidad social (Variable Independiente), esta experiencia es un indicador clave de sostenibilidad.

Figura 1. Aceptación de la energía solar fotovoltaica - Preocupaciones uso de paneles solares



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la encuesta realizada (2025).

Las investigaciones en Ecuador demuestran que la ausencia de un plan de mantenimiento en proyectos solares es la causa principal de su fracaso, esto lleva al deterioro de la idea de implementación y a tener percepciones negativas de los equipos, lo que subraya la necesidad de incorporar un mantenimiento preventivo para extender la vida útil de los paneles, que puede superar los 25 años con cuidados adecuados. La aceptación de la energía solar fotovoltaica es generalmente positiva, según una escala de Likert aplicada en la encuesta, tenemos un 62.5% de los participantes (33.33% de acuerdo y 29.17% totalmente de acuerdo) considera que es una solución limpia y sostenible, reflejando un consenso sobre sus beneficios ambientales, como la reducción de dependencia de combustibles fósiles y la mitigación del cambio climático en ecosistemas vulnerables como la Amazonía. No obstante, un 33.33% se mantiene neutral, y un 4.17% está totalmente en desacuerdo, lo que sugiere variabilidad en las percepciones influida por factores como mitos sobre ineficiencia en climas nublados.

Desde el punto de vista económico, la viabilidad de la instalación de paneles solares depende directamente de la existencia de subsidios, todos los encuestados expresaron interés: el 58.33% definitivamente sí, y el 41.67% condicionado a soportes como capacitación o mantenimiento. Esto resalta un alto potencial de adopción, pero también barreras como costos iniciales y conocimiento técnico. Esta variable se conecta con la viabilidad económica y social, correlacionándose significativamente con la experiencia previa y el interés en capacitaciones.

El factor ambiental es la mayor preocupación (41.67%), específicamente la durabilidad de los paneles solares en el clima oriental. Junto con el costo de mantenimiento (37.5%), estas inquietudes reflejan los desafíos logísticos y ambientales que impone la región, caracterizada por la corrosión derivada de su alta humedad y precipitación. Un 29.17% de los encuestados identificó la carencia de conocimientos técnicos como un problema. Sin embargo, el hecho de que el 37.5% no tenga preocupaciones sugiere que las barreras existentes pueden ser superadas o que no son tan significativas para una parte importante del público, esta correlación, con el interés en capacitación sugiere que las inquietudes motivan la formación comunitaria.

El interés en capacitación gratuita es alto, con un 66.67% (41.67% de acuerdo y 25% totalmente de acuerdo) dispuesto a participar, aunque un 33.33% neutral podría indicar dudas iniciales.

Programas enfocados en reparaciones básicas, han probado ser efectivos en generar beneficios al impulsar la capacidad y el empoderamiento de las comunidades, un 62.5% de los participantes muestra disposición a aportar mensualmente una suma menor al mantenimiento, sin embargo, el 37.5% se opone, lo que sugiere que los bajos ingresos (que promedian menos de \$500 USD en estas áreas) son una barrera significativa para el compromiso económico, en consecuencia, es crucial diseñar modelos de financiamiento que sean accesibles y eviten la exclusión, especialmente porque las dificultades económicas de las comunidades rurales pueden mitigarse mediante el apoyo de subsidios gubernamentales.

El acceso a las comunidades es predominantemente terrestre (79.17%), facilitando logística desde ciudades como Macas, pero modos fluviales (12.5%) y aéreos (8.33%) en áreas remotas como Taisha complican operaciones debido a infraestructura limitada y desafíos climáticos. Este factor técnico debe priorizarse en planificación, incorporando evaluaciones logísticas para minimizar costos. La mayoría de los participantes (58.33%) tiene una visión optimista sobre el potencial económico de los paneles solares, pues considera que contribuyen al desarrollo comunitario. Esta perspectiva se refuerza con la idea de que los proyectos solares generarán oportunidades de empleo. Su impacto ya es considerable, pero para multiplicarlo, es indispensable contar con políticas públicas, como las de CENTROSUR en Ecuador, que juegan un rol fundamental al ofrecer subsidios que reducen la inversión inicial.

Discusión

Los resultados de la encuesta realizada en comunidades rurales del cantón Morona, provincia de Morona Santiago en Ecuador, revelan un panorama prometedor para la adopción de paneles solares, aunque marcado por desafíos geográficos y económicos inherentes a la región amazónica. Con una muestra de 24 hogares, representativa de familias en zonas aisladas con ingresos mensuales promedio de 314 USD, se identifica una alta dependencia de fuentes energéticas tradicionales como velas (66.67%) y generadores diésel (41.67%), lo que genera una brecha energética que impacta negativamente la calidad de vida, estos hallazgos se respaldan en gran medida por estudios recientes en Latinoamérica, particularmente en Ecuador y países vecinos, que enfatizan la participación comunitaria como factor clave para el éxito de proyectos de sistemas fotovoltaicos, por ejemplo, Hidalgo-León et al. (2024), en un estudio de factibilidad de sistemas híbridos de sistemas fotovoltaicos en una isla rural ecuatoriana (Golfo de Guayaquil), confirman la viabilidad técnica y económica de configuraciones fotovoltaicas con almacenamiento en baterías, sus resultados apoyan este análisis sobre mejoras en calidad de vida, como iluminación (100% en hogares con LED vs. 66.67% con velas previamente) y productividad, al reducir emisiones de CO₂ en un 64-82% comparado con diésel, sin embargo, contrarrestan parcialmente nuestra aceptación comunitaria al destacar barreras logísticas en islas remotas, donde el mantenimiento de baterías y generadores híbridos representa un reto mayor que en Morona Santiago, con accesos terrestres predominantes (79.17%). Esto sugiere que, aunque nuestros encuestados muestran un bajo rechazo, la implementación podría enfrentar otros desafíos, si no se integra eficiencia energética.

En este mismo contexto ecuatoriano, el análisis de barreras a las energías renovables (Hidalgo-León et al. 2022) refuerza las preocupaciones sobre durabilidad (41.67%) y costos de mantenimiento (37.5%), atribuyéndolas a subsidios a combustibles fósiles que hacen los paneles solares sean menos competitivo debido a los precios de electricidad subsidiados a 0.04 USD/kWh comparado con 0.12 USD/kWh o más para los paneles solares. Esto respalda nuestra recomendación de modelos participativos, ya que el estudio identifica la falta de información comunitaria (3.86/5) como barrera, alineándose con nuestra neutralidad del 33.33% en percepciones de sostenibilidad, que podría disminuirse con campañas educativas.

Ampliando a Latinoamérica, Eras-Almeida et al. (2023), evalúan sistemas de paneles solares en zonas no interconectadas de Colombia, encontrando similitudes en impactos positivos: mejoras en educación, salud e ingresos, con participación comunitaria, elevando la sostenibilidad, similar a nuestros resultados que nos dio un 66.67% de interés en capacitación. Su modelo ESCO con tarifas energéticas sugiere una alternativa a nuestros subsidios, ya que en Colombia el no pago (debido a ingresos estacionales). Esto indica que, mientras nuestra fiabilidad (Alfa de Cronbach 0.79) valida la percepción positiva, la sostenibilidad a largo plazo requiere innovación en los modelos de pago por uso, en síntesis, estos estudios en Latinoamérica respaldan la incidencia positiva de los paneles solares en zonas rurales en Ecuador, pero contrarrestan el optimismo al resaltar barreras sistémicas que demandan modelos inclusivos.

Los resultados contribuyen al crecimiento de la región, proponiendo una integración de eficiencia energética y participación comunitaria para alinear con el Plan Maestro de Electricidad 2023-2032 de Ecuador, que aspira a una cobertura del 99.65% con inversiones de aproximadamente 10.446 millones USD, priorizando energías renovables para el desarrollo rural, aunque en 2025 enfrenta desafíos de implementación y riesgos de apagones si no se acelera su ejecución.

Conclusión

Este artículo identifica el panorama y las condiciones para la implementación de paneles solares como una alternativa eficiente de acceso a la energía en las áreas rurales del cantón Morona, basada en respuestas de 24 hogares representativos de familias en áreas remotas de la Amazonía, donde el acceso a la red convencional es limitado o inexistente. El análisis estadístico, con un Alfa de Cronbach de 0.79 confirmando fiabilidad aceptable, y correlaciones Spearman bajas a moderadas en datos no normales, resalta independencia entre variables independientes (viabilidad técnica, económica y social) y dependientes (acceso a energía e impactos socioeconómicos).

Los resultados obtenidos resaltan que la gente tiene una percepción favorable respecto a la sostenibilidad de los paneles solares, el 62.5% de los encuestados está de acuerdo en que esta tecnología es ecológica y duradera, lo que la hace superior en comparación con fuentes contaminantes como los generadores diésel. Además, el 66.67% muestra un fuerte interés en capacitación gratuita, lo que refleja la motivación de los jefes de familia de las comunidades al involucrarse en el mantenimiento de los paneles solares. Esta percepción favorable se alinea con

el potencial de radiación solar en Morona Santiago, que promedia entre 4 y 4.64 kWh/m²/día en regiones amazónicas, facilitando la viabilidad técnica de los paneles solares.

Sin embargo, una barrera clave identificada es la preocupación del 41.67% de los encuestados acerca de la durabilidad de los equipos en las condiciones del clima amazónico, dada la humedad y lluvias intensas que pueden dañar componentes, mientras que los costos de mantenimiento inquietan al 37.5%, agravados por ingresos bajos. La geografía de la zona, con acceso mayoritariamente terrestre (79.17%), pero también fluvial o aéreo en algunos casos (20.83%), complica la logística en la instalación y el transporte de equipos, ya que la Amazonía ecuatoriana presenta terrenos selváticos, ríos caudalosos y dispersión de comunidades, lo que encarece los proyectos y requiere logística especializada. Los bajos ingresos de la gente de las comunidades agravan esto, haciendo que incluso pagos mensuales bajos para mantenimiento sean un reto para el 37.5% que no está dispuesto a contribuir. Estas barreras subrayan la necesidad de subsidios gubernamentales y programas de formación técnica, integrando modelos participativos donde las comunidades locales se involucren en la planificación y el cuidado de los sistemas para asegurar su sostenibilidad a largo plazo. En el fondo, al adoptar la energía solar, estas comunidades no solo dan una respuesta a sus necesidades actuales, sino que impulsa un futuro más verde y equitativo para estas comunidades.

Referencias

- Cuenca-Enrique, C., del-Río-Carazo, L., Acquila-Natale, E., & Iglesias-Pradas, S. (2024). Sustainability of rural electrification projects in developing countries: A systematic literature review. *Energies*, 17(23). <https://doi.org/10.3390/en17235925>
- Eras-Almeida, A. A., Fernández, M., Eisman, J., Martín, J. G., Caamaño, E., & Egidio-Aguilera, M. A. (2019). Lessons learned from rural electrification experiences with third generation solar home systems in Latin America: Case studies in Peru, Mexico, and Bolivia. *Sustainability*, 11(24). <https://doi.org/10.3390/su11247139>
- Eras-Almeida, A. A., Vásquez-Hernández, T., Hurtado-Moncada, M. J., & Egidio-Aguilera, M. A. (2023). A comprehensive evaluation of off-grid photovoltaic experiences in non-interconnected zones of Colombia: Integrating a sustainable perspective. *Energies*, 16(5). <https://doi.org/10.3390/en16052292>
- Fernandez-Fuentes, M. H., Eras-Almeida, A. A., & Egidio-Aguilera, M. A. (2021). Characterization of technological innovations in photovoltaic rural electrification, based on the experiences of Bolivia, Peru, and Argentina: Third generation solar home systems. *Sustainability*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/su13063032>
- García, J., & Martín, L. (2019). Sistemas fotovoltaicos rurales: diseño e implementación. *Revista de Energía y Desarrollo*, 15(2), 40–55.
- Garnett, S. T., Pressey, B., McGowan, J., & Watson, J. E. M. (2023). Indigenous Peoples' lands are threatened by industrial development; conversion risk assessment reveals need to support Indigenous stewardship. *One Earth*, 6(8), 1032–1049. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2023.07.006>

- Godoy, J. C., Villamar, D., Soria, R., Vaca, C., Hamacher, T., & Ordóñez, F. (2021). Preparing the Ecuador's Power Sector to Enable a Large-Scale Electric Land Transport. *Energies*, 14(18). <https://doi.org/10.3390/en14185728>
- Hinestroza-Olascuaga, L. M., Carvalho, P. M. S., & Cardoso de Jesus, C. M. S. (2021). Using a multi-criteria model to assess the suitability of potential sites to implement off-grid solar PV projects in South America. *Sustainability*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/su13147546>
- Icaza-Alvarez, D., Jurado, F., Galán-Hidalgo, N. D., & Orozco-González, E. E. (2023). Smart energy planning in the midst of a technological and political change towards a 100% renewable system in Mexico by 2050. *Energies*, 16(20). <https://doi.org/10.3390/en16207121>
- INEC. (2022). *VIII Censo de Población y VII de Vivienda*. Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/>
- Khan, A., Bressel, M., Davigny, A., Abbes, D., & Ould Bouamama, B. (2025). Comprehensive review of hybrid energy systems: Challenges, applications, and optimization strategies. *Energies*, 18(10). <https://doi.org/10.3390/en18102612>
- Kim, H., & Jung, T. Y. (2018). Independent solar photovoltaic with energy storage systems (ESS) for rural electrification in Myanmar. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1187–1194. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.037>
- Ministerio de Energía y Minas. (s. f.). *Plan maestro de electricidad 2023 – 2032*. <https://www.recursoyenergia.gob.ec/plan-maestro-de-electricidad/>
- Numminen, S., & Lund, P. (2019). Evaluation of the reliability of solar micro-grids in emerging markets – Issues and solutions. *Energy for Sustainable Development*, 48, 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2018.10.006>
- Odoi-Yorke, F., Abbey, A. A., Abaase, S., & Mahama, M. (2024). Evaluation of research progress and trends in mini-grids for rural electrification: A bibliometric analysis. *Energy Reports*, 12, 4083–4104. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.09.074>
- Pelaez, M. R., & Espinoza, J. L. (2015). *Energías Renovables en el Ecuador*. Universidad de Cuenca.
- Sánchez-Salcedo, M. (2016). Sustainability of off-grid photovoltaic systems for rural electrification in developing countries: A review. *Sustainability*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/su8121326>

Autores

Christian Geovanny Astudillo Astudillo. Ingeniero Eléctrico y maestrante en el programa de Maestría en Administración de Empresas con mención en Dirección y Gestión de Proyectos.

Diego Patricio Cisneros Quintanilla. Docente de la Maestría en Administración de Empresas con mención en Dirección y Gestión de Proyectos de la Universidad Católica de Cuenca.

Daniel Andrade Pesantez. Docente tutor, de la Maestría en Administración de Empresas con mención en Dirección y Gestión de Proyectos de la Universidad Católica de Cuenca.

Declaración

Conflicto de interés

No tenemos ningún conflicto de interés que declarar.

Financiamiento

Sin ayuda financiera de partes externas a este artículo.

Nota

El artículo es original y no ha sido publicado previamente.