

Propuesta de un modelo metodológico para la implementación participativa de fuentes renovables de energía en comunidades rurales de la provincia de Imbabura, Ecuador

Proposal for a methodological model for the participatory implementation of renewable energy sources in rural communities of Imbabura Province, Ecuador

Alexander Mosquera Urbano¹, Deynier Montero Góngora², Vicente Sebastián Espinoza Echeverría³

¹ Instituto Nacional de Innovación Tecnológica, Energía y Minas, Quito, Pichincha, Ecuador, amosquera@inadem.edu.ec

² Universidad de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez, Moa, Holguín, Cuba, dmonterog150688@gmail.com

³ Instituto de Investigación Geológico y Energético, Quito, Pichincha, Ecuador, sebastian.espinoza@geoenergia.gob.ec

DOI: <https://doi.org/10.61236/y767pc07>

Recibido: 12 de junio de 2026 - **Revisión aceptada:** 26 de julio de 2026

Resumen

La transición hacia sistemas energéticos sostenibles constituye uno de los principales desafíos para los países latinoamericanos debido a la necesidad de garantizar el acceso universal a la energía, reducir la dependencia de combustibles fósiles y fortalecer la resiliencia de los territorios frente al cambio climático. Aunque Ecuador ha experimentado avances significativos en la diversificación de su matriz energética, numerosas comunidades rurales continúan enfrentando limitaciones relacionadas con el acceso a tecnologías apropiadas, la gestión comunitaria de los sistemas energéticos y la incorporación de fuentes renovables adaptadas a las condiciones locales. En este contexto, la presente investigación propone un modelo metodológico para la implementación participativa de fuentes renovables de energía en comunidades rurales de la provincia de Imbabura en la República de Ecuador, tomando como referencia experiencias desarrolladas en la República de Cuba y adaptándolas a las características sociales, productivas, institucionales y ambientales del contexto ecuatoriano. La investigación se desarrolló mediante un enfoque cualitativo de carácter proyectivo, sustentado en la revisión documental, el análisis comparativo de experiencias internacionales y la adaptación metodológica de modelos de intervención social previamente validados en comunidades rurales. El modelo integra principios de gobernanza energética, planificación participativa, evaluación multicriterio y desarrollo territorial sostenible con el propósito de facilitar la futura implementación de soluciones energéticas descentralizadas. La propuesta metodológica se estructura en seis fases que comprenden el diagnóstico territorial, la caracterización sociotécnica, la evaluación de alternativas tecnológicas, el diseño del sistema energético comunitario, el fortalecimiento de capacidades locales y el seguimiento mediante indicadores de sostenibilidad. Su principal aporte consiste en articular componentes tecnológicos y sociales dentro de un procedimiento sistemático que favorezca la apropiación comunitaria de las tecnologías renovables y su sostenibilidad en el tiempo. Se concluye que el modelo constituye una herramienta metodológica aplicable al diseño de futuros proyectos de electrificación rural sostenible en la república de Ecuador y otros países latinoamericanos con características socioeconómicas similares.

Palabras claves: transición energética, fuentes renovables de energía, gobernanza energética, comunidades rurales, desarrollo territorial, participación comunitaria.

Abstract

The transition toward sustainable energy systems has become one of the main challenges for Latin American countries due to the need to ensure universal access to energy services, reduce dependence on fossil fuels, and strengthen territorial resilience to climate change. Although Ecuador has made significant progress in diversifying its energy matrix, many rural communities still face limitations related to access to appropriate technologies, community-based energy management, and the integration of renewable energy systems adapted to local conditions. This study proposes a methodological framework for the participatory implementation of renewable energy sources in rural communities of Imbabura Province, Ecuador, based on Cuban experiences and adapted to the Ecuadorian social, productive, institutional, and environmental context. The research followed a qualitative and project-oriented approach supported by documentary analysis, comparative review of international experiences, and methodological adaptation of social intervention models previously applied in rural communities. The proposed framework integrates principles of energy governance, participatory planning, multicriteria assessment, and sustainable territorial development to support future decentralized renewable energy projects. The methodological proposal is organized into six sequential phases including territorial diagnosis, socio-technical characterization, technology assessment, community energy system design, capacity building, and sustainability monitoring. Its main contribution lies in integrating technological and social dimensions into a structured planning process that promotes long-term community ownership of renewable energy systems. The proposed model represents a methodological tool for future rural electrification projects in Ecuador and other Latin American regions with similar territorial conditions.

Keywords: energy transition, renewable energy, rural communities, energy governance, participatory planning, sustainable development.

1. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, la transición energética ha adquirido una importancia estratégica en las agendas internacionales debido a la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, fortalecer la seguridad energética y promover modelos de desarrollo compatibles con los principios de sostenibilidad. Este proceso no se limita a la incorporación de nuevas tecnologías de generación eléctrica, sino que implica transformaciones estructurales en la forma en que la energía es planificada, gestionada y utilizada por los diferentes actores sociales. En consecuencia, las políticas públicas orientadas a la transición energética deben integrar dimensiones técnicas, económicas, ambientales e institucionales que favorezcan una distribución más equitativa de los beneficios derivados del acceso a servicios energéticos modernos [1], [2].

En América Latina y el Caribe, la transición hacia sistemas energéticos sostenibles presenta desafíos particulares asociados a la diversidad geográfica, la dispersión de los asentamientos rurales, las desigualdades territoriales y la coexistencia de diferentes niveles de desarrollo socioeconómico. Aunque la región dispone de un elevado potencial para el aprovechamiento de recursos solares, eólicos, hídricos y de biomasa, numerosas comunidades rurales continúan dependiendo de combustibles convencionales para satisfacer sus necesidades domésticas y productivas. Esta situación limita las oportunidades de desarrollo local y acentúa las condiciones de vulnerabilidad energética existentes en los territorios más aislados [1], [2].

La Agencia Internacional de Energías Renovables señala que el crecimiento sostenido de la capacidad instalada de energías renovables constituye una oportunidad para ampliar el acceso a servicios energéticos mediante soluciones descentralizadas, especialmente en regiones donde la expansión de las redes eléctricas convencionales resulta técnica o económicamente compleja [2]. Sin embargo, la experiencia internacional demuestra que el éxito de estos proyectos no depende exclusivamente del desempeño tecnológico de los sistemas implementados, sino también de la capacidad de las comunidades para participar activamente en su planificación, operación y mantenimiento.

En Ecuador, la transición energética forma parte de las estrategias nacionales dirigidas a fortalecer la sostenibilidad del sistema energético y diversificar la matriz de generación. A pesar de los avances alcanzados, persisten desafíos relacionados con la incorporación de soluciones renovables adaptadas a comunidades rurales dispersas, particularmente en territorios donde las actividades agropecuarias constituyen la principal fuente de ingresos y donde las condiciones geográficas dificultan la provisión de servicios energéticos confiables. Investigaciones recientes evidencian el potencial de las microrredes, los sistemas fotovoltaicos y las estrategias inteligentes de gestión energética para mejorar la calidad del suministro en comunidades rurales ecuatorianas [3]–[5].

Diversos estudios desarrollados en Cuba han demostrado que la implementación sostenible de fuentes renovables de energía requiere integrar procesos de intervención social, fortalecimiento institucional y participación comunitaria desde las etapas iniciales de planificación. La metodología propuesta por Echevarría Gómez y colaboradores constituye una referencia relevante al incorporar la dimensión social como un componente inseparable del proceso de gestión energética en comunidades rurales [6]–[8]. Estas experiencias evidencian que la apropiación comunitaria de las tecnologías incrementa las posibilidades de permanencia de los proyectos y favorece la generación de capacidades locales para su operación y mantenimiento.

A pesar de estos avances, se identifica un vacío en la literatura relacionado con la adaptación de metodologías participativas al contexto rural ecuatoriano. La mayoría de las investigaciones nacionales se concentran en aspectos tecnológicos o en el diseño de sistemas energéticos específicos, mientras que son limitadas las propuestas que integran, en un mismo modelo metodológico, la planificación participativa, la evaluación multicriterio, la gobernanza energética y el desarrollo territorial.

En respuesta a esta necesidad, la presente investigación tiene como objetivo proponer un modelo metodológico para la implementación participativa de fuentes renovables de energía en comunidades rurales de la provincia de Imbabura en la república de Ecuador, integrando componentes tecnológicos, sociales e institucionales que faciliten el diseño de futuros proyectos de electrificación rural sostenible.

El territorio en análisis posee una elevada riqueza ambiental (recursos hídricos, bosques, biodiversidad y ecosistemas), pero simultáneamente enfrenta amenazas derivadas del cambio climático, la deforestación y la presión sobre los recursos naturales. En este contexto, las fuentes renovables de energía constituyen una alternativa para impulsar el desarrollo sostenible sin incrementar la degradación ambiental [9].

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT), consta como instrumento de planificación de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) dentro del Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas de la república de Ecuador, incorporando como uno de sus componente: "Movilidad, Energía y Conectividad", como uno de sus ejes estratégicos del desarrollo territorial, lo que evidencia que el fortalecimiento de la infraestructura energética forma parte de las prioridades de planificación local y constituye un escenario favorable para analizar la incorporación de tecnologías basadas en energías renovables [9].

La propuesta no constituye una aplicación práctica del modelo, sino una herramienta metodológica fundamentada en evidencia científica y en la adaptación de experiencias desarrolladas en otros contextos latinoamericanos. Su finalidad es proporcionar un marco de referencia que pueda orientar futuras intervenciones y servir como base para investigaciones posteriores orientadas a su validación mediante proyectos piloto.

2. ESTADO DEL ARTE SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN PARTICIPATIVA DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA EN COMUNIDADES RURALES

2.1 La transición energética como estrategia para el desarrollo territorial sostenible

La transición energética constituye uno de los principales ejes de las políticas internacionales orientadas a enfrentar los efectos del cambio climático y garantizar un desarrollo económico con menores emisiones de carbono. En los últimos años, este concepto ha evolucionado desde una visión centrada exclusivamente en la sustitución de combustibles fósiles hacia un enfoque integral que incorpora dimensiones sociales, económicas,

institucionales y territoriales. En consecuencia, la planificación energética contemporánea reconoce que la incorporación de fuentes renovables debe contribuir simultáneamente a la seguridad energética, la equidad social y el fortalecimiento de las capacidades locales [1], [2].

En América Latina y el Caribe, la transición energética adquiere características particulares debido a la coexistencia de amplios recursos renovables con importantes desigualdades territoriales en el acceso a servicios energéticos. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe sostiene que las estrategias nacionales deben orientarse hacia una transición energética justa, entendida como un proceso que garantice la participación de los diferentes actores sociales, reduzca las brechas territoriales y promueva oportunidades de desarrollo para las comunidades rurales [1].

Desde esta perspectiva, las fuentes renovables de energía representan una alternativa para mejorar la calidad de vida de poblaciones históricamente excluidas de los procesos de modernización energética, siempre que su incorporación se acompañe de mecanismos adecuados de participación ciudadana y fortalecimiento institucional.

2.2. Fuentes renovables de energía y desarrollo de comunidades rurales

Diversos organismos internacionales reconocen que las tecnologías renovables distribuidas constituyen una de las soluciones más viables para ampliar el acceso a servicios energéticos en comunidades rurales aisladas. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energías Renovables, la reducción sostenida de los costos de los sistemas fotovoltaicos, el incremento de la eficiencia de los equipos y el desarrollo de tecnologías de almacenamiento han favorecido la expansión de proyectos descentralizados en numerosos países en desarrollo [2].

No obstante, la literatura especializada coincide en que la disponibilidad tecnológica, por sí sola, no garantiza la sostenibilidad de las intervenciones. Las principales dificultades observadas en numerosos proyectos de electrificación rural están asociadas con deficiencias en la organización comunitaria, ausencia de programas permanentes de mantenimiento, limitada capacitación de los usuarios y escasa apropiación social de las tecnologías implementadas [6]–[8].

En este sentido, se proponen sustituir los enfoques tradicionales basados exclusivamente en criterios técnicos por modelos sociotécnicos capaces de integrar la dimensión humana dentro de los procesos de planificación energética. Esta perspectiva reconoce que la energía constituye un componente del desarrollo territorial y no únicamente un servicio tecnológico.

Experiencias recientes desarrolladas en comunidades amazónicas de Brasil, Ecuador, Perú y Colombia demuestran que la incorporación de sistemas fotovoltaicos descentralizados no solo mejora el acceso a la electricidad, sino que fortalece servicios esenciales como la educación, la salud y las actividades productivas, siempre que exista participación activa de las comunidades durante la implementación [10].

2.3. Experiencias metodológicas desarrolladas en Cuba

Las experiencias desarrolladas en comunidades rurales cubanas mediante proyectos orientados al aprovechamiento de fuentes renovables de energía, se plasman a continuación:

Echevarría Gómez et al. [6] diseñaron una metodología de intervención social que incorpora procesos participativos durante todas las etapas de implementación de tecnologías renovables. Su propuesta parte del reconocimiento de que la aceptación comunitaria y la construcción colectiva de soluciones representan condiciones indispensables para garantizar la permanencia de los proyectos.

Posteriormente, Echeverría Gómez et al. [7] ampliaron este enfoque mediante el desarrollo de una metodología de gestión que articula instituciones públicas, organizaciones locales y comunidades beneficiarias, promoviendo mecanismos de coordinación orientados a fortalecer la sostenibilidad de las intervenciones energéticas.

Por otra parte, Pérez Gutiérrez et al. [8] analizaron la implementación de fuentes renovables en tres comunidades rurales cubanas, identificando como principales limitaciones la insuficiente capacitación técnica, la limitada disponibilidad de recursos financieros y la necesidad de fortalecer los mecanismos locales de gestión energética. Sin embargo, también demostraron que la participación comunitaria favorece la apropiación tecnológica y mejora significativamente las posibilidades de continuidad de los proyectos.

Estas investigaciones constituyen el principal referente conceptual utilizado en la presente propuesta metodológica, aunque su adaptación al contexto ecuatoriano requiere considerar diferencias relacionadas con la organización territorial, el marco institucional y las características socioeconómicas de las comunidades rurales.

2.4. Experiencias recientes en Ecuador

En Ecuador, el interés por el desarrollo de sistemas energéticos descentralizados ha experimentado un crecimiento significativo durante los últimos años, especialmente en regiones caracterizadas por el aislamiento geográfico y la elevada disponibilidad de recursos renovables.

Salazar et al. [4] propusieron un sistema de gestión energética basado en control predictivo para microrredes electro-térmicas rurales, demostrando que la incorporación de herramientas avanzadas de optimización mejora la eficiencia operativa de los sistemas aislados.

De forma complementaria, Villamarín et al. [5] desarrollaron una estrategia de gestión energética mediante lógica difusa aplicada a microrredes comunitarias en la Amazonía ecuatoriana. Sus resultados evidencian la capacidad de estas herramientas para optimizar el intercambio energético entre diferentes sistemas de generación distribuida y aumentar la confiabilidad del suministro eléctrico.

Aunque estas investigaciones representan avances importantes desde el punto de vista tecnológico, la mayoría concentra su atención en aspectos relacionados con la optimización energética y el desempeño técnico de los sistemas, mientras que los componentes de participación comunitaria, gobernanza energética y apropiación social reciben una atención limitada.

3. METODOLOGÍA

3.1 Enfoque y tipo de investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo con alcance proyectivo, orientado al diseño de un modelo metodológico para la implementación participativa de fuentes renovables de energía (FRE) en comunidades rurales de la provincia de Imbabura, Ecuador. A diferencia de los estudios experimentales o de validación tecnológica, esta investigación no contempla la

aplicación directa del modelo en una comunidad específica, sino la formulación de una propuesta sustentada en evidencia científica y en la adaptación de experiencias previas.

La construcción de la propuesta se fundamentó en el análisis de literatura científica especializada, documentos técnicos de organismos internacionales y experiencias desarrolladas en Cuba y Ecuador, con énfasis en metodologías de intervención social, gobernanza energética y planificación participativa.

3.2 Diseño metodológico

El proceso de elaboración del modelo metodológico se estructuró en cuatro etapas principales:

Etapas I. Revisión documental y análisis del estado del arte

En la primera etapa se realizó una revisión sistemática de literatura relacionada con la transición energética, el desarrollo territorial, la gobernanza energética y la implementación de fuentes renovables en comunidades rurales. La búsqueda incluyó artículos científicos, libros, documentos técnicos y reportes publicados por organismos internacionales como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), además de investigaciones desarrolladas en Cuba y Ecuador [1], [2], [6].

La revisión permitió identificar los principales enfoques metodológicos utilizados en proyectos de electrificación rural, así como las fortalezas y limitaciones de las experiencias reportadas en diferentes contextos latinoamericanos.

Etapas II. Análisis comparativo de experiencias

La segunda etapa consistió en el análisis comparativo de metodologías implementadas en comunidades rurales, considerando dos grupos de experiencias.

El primer grupo correspondió a las investigaciones desarrolladas en Cuba sobre intervención social para la implementación de fuentes renovables de energía [6]–[8], [11], mientras que el segundo estuvo integrado por estudios ecuatorianos relacionados con microrredes, gestión energética y aprovechamiento de tecnologías renovables [3]–[5].

Para el análisis comparativo se definieron los siguientes criterios: enfoque metodológico, nivel de participación

comunitaria, criterios para la selección tecnológica, mecanismos de gobernanza, sostenibilidad del modelo, y posibilidad de replicación. La comparación permitió identificar elementos comunes y componentes susceptibles de adaptación al contexto rural de la provincia de Imbabura.

Etapas III. Adaptación metodológica al contexto ecuatoriano

A partir de los resultados obtenidos en las etapas anteriores se procedió a adaptar los componentes metodológicos identificados a las condiciones territoriales, institucionales y productivas de Ecuador.

Durante esta etapa se consideraron aspectos como organización administrativa del territorio, competencias de los gobiernos autónomos descentralizados, características socioeconómicas de las comunidades rurales, potencial de aprovechamiento de recursos renovables, disponibilidad tecnológica, y políticas nacionales relacionadas con la transición energética.

La adaptación metodológica buscó conservar los principios participativos observados en las experiencias cubanas, incorporando simultáneamente herramientas de evaluación multicriterio y mecanismos de gobernanza acordes con la realidad ecuatoriana.

Etapas IV. Diseño del modelo metodológico

Finalmente, se estructuró el modelo metodológico propuesto mediante la integración de los componentes tecnológicos, sociales e institucionales identificados durante las etapas anteriores. El modelo se diseñó siguiendo principios de flexibilidad, escalabilidad y adaptabilidad territorial, permitiendo su utilización como herramienta de apoyo para futuros proyectos de electrificación rural mediante fuentes renovables.

3.3 Principios del modelo metodológico

El diseño del modelo propuesto se fundamenta en cinco principios básicos que orientan su aplicación.

Participación comunitaria

Las comunidades rurales constituyen el eje central del proceso de planificación energética. La participación activa de los actores locales favorece la apropiación social de las tecnologías y fortalece la sostenibilidad de las intervenciones, tal como evidencian diversas experiencias desarrolladas en Cuba [6]–[8].

Gobernanza energética

El modelo reconoce que la planificación energética requiere la articulación permanente entre instituciones públicas, gobiernos locales, organizaciones comunitarias, universidades y organismos de cooperación. La gobernanza energética facilita la coordinación entre actores y fortalece los mecanismos de gestión local de las tecnologías renovables.

Adecuación tecnológica

Las tecnologías deben seleccionarse considerando simultáneamente criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales. Este principio evita la aplicación de soluciones estandarizadas que no respondan a las necesidades particulares de cada territorio.

Desarrollo territorial sostenible

Las fuentes renovables de energía son concebidas como instrumentos para promover el desarrollo local, incrementar la resiliencia territorial y fortalecer las actividades económicas comunitarias. En consecuencia, la planificación energética debe integrarse con las estrategias de desarrollo impulsadas por los gobiernos locales.

Replicabilidad

El procedimiento metodológico se diseñó para facilitar su adaptación a diferentes territorios rurales del Ecuador. La flexibilidad del modelo permite incorporar nuevas tecnologías o modificar determinados componentes sin alterar la estructura general de la metodología.

3.4 Alcances y limitaciones

El modelo presentado constituye una propuesta metodológica destinada a orientar el diseño de proyectos de implementación de fuentes renovables de energía en comunidades rurales. En consecuencia, el estudio no pretende evaluar el desempeño de tecnologías específicas ni presentar resultados derivados de experiencias piloto.

La validación práctica del modelo requerirá investigaciones posteriores que permitan comprobar su aplicabilidad mediante estudios de caso en comunidades rurales de la provincia de Imbabura u otros territorios con características similares. Estos procesos de validación deberán incluir indicadores cuantitativos y cualitativos que posibiliten evaluar la efectividad del procedimiento y realizar los ajustes necesarios para su perfeccionamiento.

4. MODELO METODOLÓGICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN PARTICIPATIVA DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA EN COMUNIDADES RURALES

4.1 Fundamentación del modelo

La construcción del modelo toma como base las metodologías de intervención social desarrolladas en comunidades rurales cubanas por Echevarría Gómez et al. [6], Echeverría Gómez et al. [7], Pérez Gutiérrez et al. [8], las cuales destacan la importancia de la participación comunitaria y del fortalecimiento institucional durante la planificación energética. Asimismo, incorpora los avances tecnológicos reportados en investigaciones ecuatorianas relacionadas con microrredes inteligentes, gestión energética y sistemas híbridos de generación distribuida [3]–[5].

En consecuencia, el modelo no pretende sustituir las metodologías existentes, sino integrarlas dentro de un procedimiento adaptado a las características sociales, económicas y ambientales de las comunidades rurales de la provincia de Imbabura.

El contexto territorial para la transición energética posee abundancia de recursos naturales renovables, disponibilidad de recursos hídricos, condiciones climáticas favorables, potencial para actividades agropecuarias y ecoturísticas y necesidad de infraestructura energética resiliente. El PDOT reconoce como prioridades: infraestructura energética, conectividad, desarrollo económico, conservación ambiental y gestión del riesgo. Por tanto, la propuesta de incorporación de FRE se alinea con la planificación oficial del territorio [9].

4.2 Estructura general del modelo

La transición energética no debe entenderse únicamente como una sustitución tecnológica, sino como una herramienta de planificación territorial capaz de fortalecer la resiliencia climática, mejorar el acceso a servicios básicos y dinamizar la economía rural mediante actividades productivas sostenibles. La propuesta se organiza en seis fases secuenciales e interrelacionadas (tabla 1), las cuales conforman un ciclo continuo de planificación, implementación y mejora.

Tabla 1. Fases del modelo metodológico propuesto.

Fase	Denominación	Resultado esperado
I	Diagnóstico territorial	Caracterización energética y socioeconómica de la comunidad
II	Caracterización sociotécnica	Identificación de actores, capacidades y necesidades
III	Evaluación multicriterio	Priorización de tecnologías renovables
IV	Diseño del sistema energético	Propuesta técnica adaptada al territorio
V	Fortalecimiento institucional	Estrategia de capacitación y gobernanza
VI	Seguimiento y evaluación	Sistema de indicadores de sostenibilidad

Fuente. Elaboración propia

Este enfoque resulta especialmente relevante en territorios con presencia de comunidades rurales e indígenas, donde diversos autores destacan que la incorporación de mecanismos de participación y el respeto por las dinámicas socioculturales locales constituyen factores determinantes para el éxito de las iniciativas de energías renovables [12].

4.3 Descripción de las fases del modelo

Fase I. Diagnóstico territorial y energético

Esta fase constituye el punto de partida del modelo y tiene como finalidad obtener una comprensión integral del territorio donde se proyecta la intervención. Para ello se recopila información relacionada con las condiciones geográficas, climáticas, socioeconómicas, productivas y energéticas de la comunidad.

Entre los aspectos que deben analizarse se encuentran disponibilidad de recursos solares, eólicos, hídricos y de biomasa; infraestructura energética existente; principales actividades económicas; demanda energética actual y potencial; actores institucionales presentes en el territorio; políticas locales relacionadas con energía y desarrollo.

El diagnóstico debe realizarse mediante un enfoque participativo que incorpore la percepción de los habitantes, líderes comunitarios y representantes institucionales, favoreciendo la construcción colectiva del conocimiento territorial.

El resultado esperado de esta fase es una línea base que sirva de fundamento para la selección de alternativas energéticas compatibles con las necesidades reales de la comunidad.

Fase II. Caracterización sociotécnica

Una vez identificado el contexto territorial, se propone la interacción existente entre la comunidad y las tecnologías energéticas disponibles. Esta caracterización comprende organización social, nivel de participación ciudadana, capacidades técnicas locales, experiencia previa en proyectos comunitarios, percepción social sobre las energías renovables, y disposición para participar en procesos colectivos de gestión energética.

La literatura demuestra que la apropiación social de las tecnologías constituye uno de los factores que mayor influencia ejerce sobre la sostenibilidad de los proyectos energéticos

rurales [6]–[8]. Por esta razón, el modelo considera esta fase como un componente esencial antes de definir cualquier solución tecnológica.

Fase III. Evaluación multicriterio de alternativas tecnológicas

La tercera fase está orientada a seleccionar las tecnologías renovables más apropiadas para cada comunidad mediante un proceso de evaluación multicriterio, la propuesta incorpora cuatro grupos de criterios:

- **Criterios técnicos:** disponibilidad del recurso, confiabilidad, facilidad de operación y mantenimiento;
- **Criterios económicos:** costos de inversión, operación y mantenimiento, así como posibilidades de financiamiento;
- **Criterios ambientales:** reducción de emisiones, aprovechamiento sostenible de recursos naturales y gestión de residuos;
- **Criterios sociales:** aceptación comunitaria, generación de empleo local, fortalecimiento organizativo e impacto sobre la calidad de vida.

Fase IV. Diseño del sistema energético comunitario

Esta fase contempla definición de la configuración tecnológica, integración de diferentes fuentes renovables cuando resulte conveniente, identificación de requerimientos de infraestructura, análisis de escalabilidad, definición de estrategias de operación y mantenimiento. El modelo privilegia soluciones híbridas cuando las condiciones territoriales lo justifican, combinando tecnologías como sistemas fotovoltaicos,

biodigestores, bombeo solar o almacenamiento energético, según las características de cada comunidad.

Fase V. Fortalecimiento institucional y gobernanza energética

Uno de los principales aportes del modelo consiste en incorporar una estrategia específica para fortalecer la gobernanza energética local. Esta fase propone creación de comités comunitarios de energía; programas permanentes de capacitación; definición de responsabilidades institucionales; mecanismos participativos para la toma de decisiones; estrategias de educación energética; planes de mantenimiento comunitario.

Diversas investigaciones desarrolladas en comunidades rurales latinoamericanas evidencian que la ausencia de estructuras organizativas constituye una de las principales causas del deterioro prematuro de los sistemas energéticos [6]–[8]. Por ello, la gobernanza se considera un componente transversal del modelo.

Fase VI. Seguimiento y evaluación

La última fase establece un sistema de indicadores destinado a evaluar el desempeño futuro de los proyectos una vez implementados. Se proponen cuatro dimensiones de evaluación: desempeño técnico, económico, ambiental, social. Esta información permitirá retroalimentar el modelo y generar procesos continuos de mejora, facilitando su adaptación a diferentes contextos territoriales.

4.4 Actores involucrados en la implementación del modelo

La propuesta reconoce que la transición energética rural requiere la participación coordinada de múltiples actores (tabla 2). En consecuencia, el modelo define responsabilidades diferenciadas para cada uno de ellos.

Tabla 2. Actores y responsabilidades dentro del modelo metodológico.

Actor	Función principal
Comunidad	Participación en el diagnóstico, toma de decisiones y gestión del sistema
Gobierno Autónomo Descentralizado	Coordinación territorial y articulación institucional
IIGE	Asistencia técnica y evaluación de recursos energéticos

Actor	Función principal
Universidades	Investigación, capacitación y seguimiento
Organismos de cooperación	Financiamiento y apoyo técnico
Empresas proveedoras	Suministro tecnológico y asistencia especializada

Fuente. Elaboración propia

5. CONCLUSIONES

La implementación gradual de fuentes renovables de energía puede convertirse en un instrumento de apoyo al cumplimiento de los objetivos del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, al contribuir simultáneamente a la sostenibilidad ambiental, la seguridad energética y el desarrollo socioeconómico de la parroquia.

Asimismo, la propuesta constituye un marco metodológico adaptable a otros territorios rurales del Ecuador y de América Latina con características socioeconómicas similares, contribuyendo al fortalecimiento de estrategias de transición energética justa, acceso equitativo a servicios energéticos modernos y promoción del desarrollo territorial sostenible, en concordancia con las recomendaciones formuladas por organismos internacionales como la CEPAL e IRENA.

Finalmente, dado que la investigación corresponde al diseño de una propuesta metodológica, se recomienda desarrollar investigaciones futuras orientadas a su validación mediante estudios de caso en comunidades rurales de la provincia de Imbabura. Estos procesos deberán incluir la aplicación del modelo en escenarios reales, la evaluación de indicadores técnicos, económicos, sociales y ambientales, así como el análisis de su efectividad para apoyar la toma de decisiones en proyectos de electrificación rural basados en fuentes renovables de energía. La validación empírica permitirá perfeccionar la metodología propuesta y consolidarla como una herramienta de apoyo para las políticas públicas de transición energética y desarrollo rural sostenible.

6. BIBLIOGRAFÍA

[1] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Transición energética justa en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile, Chile: CEPAL, 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.cepal.org/es/publicaciones>

- [2] International Renewable Energy Agency (IRENA), Renewable Energy Statistics 2025. Abu Dhabi, United Arab Emirates: IRENA, 2025. [En línea]. Disponible: https://www.irena.org/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2025/Jul/IRENA_DAT_RE_Statistics_2025.pdf
- [3] M. Rodríguez, D. Arcos-Aviles y F. Guinjoan, "Simple fuzzy logic-based energy management for power exchange in isolated multi-microgrid systems: A case study in a remote community in the Amazon region of Ecuador," *Applied Energy*, vol. 357, Art. no. 122522, 2024, doi: 10.1016/j.apenergy.2023.122522.
- [4] A. Salazar, D. Arcos-Aviles, J. Llanos, D. Ortiz, M. Rodríguez, E. Motoasca y W. Martínez, "Model predictive control-based energy management system for isolated electro-thermal microgrids in rural areas of Ecuador," en *Proc. 23rd European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'21 ECCE Europe)*, 2021, pp. 1–10.
- [5] A. Villamarín-Jácome, M. Saltos-Rodríguez, D. Espín-Sarzosa, R. Haro, G. Villamarín y M. O. Okoye, "Deploying renewable energy sources and energy storage systems for achieving low-carbon emissions targets in hydro-dominated power systems: A case study of Ecuador," *Renewable Energy*, vol. 241, Art. no. 122198, 2025, doi: 10.1016/j.renene.2024.122198.
- [6] M. D. C. Echevarría Gómez, R. P. Gutiérrez, Y. M. Castro, A. M. Echevarría y E. L. Barrera Cardoso, "Fuentes renovables de energía en comunidades rurales aisladas: una metodología de intervención social," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, vol. 8, no. 1, 2020, doi: 10.46377/dilemas.v8i1.2447.
- [7] M. D. C. Echeverría Gómez, R. Pérez Gutiérrez, A. Medina Echevarría y E. Barrera Cardoso, "Metodología de intervención social: una herramienta de gestión de las fuentes renovables de energía en comunidades rurales," *Energía y Tú*, vol. 97, no. 1, pp. 33–38, 2022.
- [8] R. P. Gutiérrez, M. D. C. E. Gómez, Y. P. Valdés, Y. M. Castro, C. R. S. Rodríguez y E. L. Barrera Cardoso, "The social dimension of renewable energy sources in the rural community Los Alazanes, Sancti Spiritus municipality, Cuba," en *Cuban Energy Futures*. Cham, Switzerland: Springer, 2022, p. 275.
- [9] GAD Parroquial Rural de Peñaherrera. (2025). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2025–2029.
- [10] T. Phillips, "Solar energy projects transform isolated Amazonian communities," *The Guardian*, Oct. 29, 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.theguardian.com/global-development/2024/oct/29/amazon-indigeouns-people-villages-sun-solar-panels-brazil-ecuador-peru-colombia>
- [11] R. Pérez Gutiérrez, M. D. C. Echevarría Gómez, A. Medina Echevarría, E. L. Barrera Cardoso y J. Núñez Jover, "Las fuentes renovables de energía en tres comunidades rurales de Cuba: límites y oportunidades," *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 13, no. 6, pp. 109–122, 2021.
- [12] Reuters, "Why Indigenous Peoples' rights must be at the heart of the transition to renewables," Dec. 18, 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.reuters.com/sustainability/society-equity/comment-why-indigenous-peoples-need-help-power-transition-renewables-2024-12-18/>