



Evaluación de Viabilidad para la Implementación de Proyectos de Energía Renovable en Zonas
No Interconectadas de Colombia

Juan David Quintero Atehortúa

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

22 de diciembre de 2024

Evaluación de Viabilidad para la Implementación de Proyectos de Energía Renovable en Zonas
No Interconectadas de Colombia

Juan David Quintero Atehortúa

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de
Proyectos

Asesor(a)
Sergio Andrés Zabala Vargas
Doctor (PhD) en Tecnología educativa

Corporación Universitaria Minuto de Dios
Rectoría Virtual
Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

22 de diciembre de 2024

Contenido

Lista de tablas	5
Lista de figuras	6
Resumen	7
Abstract.....	9
Introducción.....	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1 Descripción del problema.....	14
1.2 Pregunta de investigación	15
1.3 Objetivos de investigación.....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Justificación de la investigación.....	16
2. MARCO DE REFERENCIA.....	18
2.1 Marco Teórico.....	18
2.2 Estado del arte/antecedentes	20
2.3 Marco legal o normativo	24
3. METODOLOGÍA	27
3.1 Enfoque y alcance de la investigación.....	27
3.2 Población y muestra	28
3.2.1 Definición de la población.....	29
3.2.2 Cálculo y selección de la muestra	30
3.3 Instrumento(s).....	32
3.4 Descripción de procedimientos.....	35
3.5 Análisis de información	38
3.6 Consideraciones éticas	39
3.6.1 Análisis de consideraciones éticas	40
3.6.2 Instrumentos de aceptación y autorización.....	42
4. HIPÓTESIS.....	43

4.1	Variables de análisis	46
4.1.1	Variable(s) independiente(s).....	46
4.1.2	Variable(s) dependiente(s).....	46
4.2	Planteamiento de hipótesis.....	47
5.	RESULTADOS.....	51
5.1	Presentación de resultados	54
5.1.1	Resultados Cuantitativos (Encuestas)	54
5.1.2	Análisis de encuestas y preguntas aplicadas.....	56
5.1.3	Resultados Cualitativos (Entrevistas y Grupos Focales).....	61
5.1.4	Análisis de encuestas y preguntas aplicadas.....	63
5.1.5	Análisis Gráfico de los resultados obtenidos	68
5.1.6	Resumen de Resultados	72
5.2	Propuesta al sector.....	73
5.3	Discusión.....	75
5.	CONCLUSIONES.....	77
6	Bibliografía	81
	Anexos.....	83

Lista de tablas

Tabla 1. Tabla de relación según referencias bibliográficas.	23
Tabla 2. Tabla de análisis normativo para proyectos en ZNI.	27
Tabla 3. Fase del proceso de muestreo.	37
Tabla 4. Resultado de encuestas realizadas.....	52
Tabla 5. Tabla de análisis respecto a la instalación de un sistema de generación.	55
Tabla 6. Tabla de participación de las comunidades encuestadas.	63

Lista de figuras

Ilustración 1. Gráfico de barras donde se evidencia la disposición de la comunidad para comenzar los procesos técnicos.....	55
Ilustración 2. Resultados pregunta 1 encuesta.....	57
Ilustración 3. Resultados pregunta 2 encuesta.....	58
Ilustración 4. Resultados pregunta 3 encuesta.....	59
Ilustración 5. Resultados pregunta 4 encuesta.....	60
Ilustración 6. Resultados pregunta 5 encuesta.....	61
Ilustración 7. Diagrama pastel. Análisis de costos y gastos.....	62
Ilustración 8. Resultados pregunta 1 entrevista.....	64
Ilustración 9. Resultados pregunta 2 entrevista.....	65
Ilustración 10. Resultados pregunta 3 entrevista.....	66
Ilustración 11. Resultados pregunta 4 entrevista.....	67
Ilustración 12. Resultados pregunta 5 entrevista.....	68
Ilustración 13. Distribución del uso actual de fuentes generación.....	70
Ilustración 14. Percepción de tecnologías renovables.....	71

Resumen

Este estudio tiene como objetivo analizar las barreras y oportunidades para la implementación de energías renovables en las Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia, considerando los desafíos técnicos, económicos y sociales que enfrentan estas comunidades. Mediante la aplicación de encuestas a 30 participantes y entrevistas a 10 líderes comunitarios, se recolectó información clave sobre el uso actual de fuentes de energía, la percepción de tecnologías renovables y las barreras percibidas para su adopción. La investigación se enmarca en el creciente interés global por la transición energética y la sostenibilidad en áreas rurales, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (ONU, 2021).

Los resultados muestran que el 70% de los encuestados depende de generadores diésel como principal fuente de energía, mientras que solo el 10% utiliza paneles solares (López y Ramírez, 2021). El 85% expresó una alta aceptación hacia la energía solar, destacándola como la tecnología más viable debido a la abundancia del recurso en la región. Sin embargo, las barreras económicas y técnicas siguen siendo significativas, con el 90% señalando la falta de financiamiento como el principal obstáculo y el 80% mencionando la necesidad de mayor capacitación técnica (Hernández et al., 2022). Estos hallazgos refuerzan la importancia de diseñar estrategias integrales que aborden estas limitaciones y promuevan la sostenibilidad en las ZNI (Gómez y Martínez, 2020).

La investigación concluye con propuestas que incluyen la implementación de proyectos piloto con tecnologías híbridas, la creación de esquemas de financiamiento accesibles y el desarrollo de programas educativos para fortalecer las capacidades técnicas en las comunidades (Pérez y Rojas, 2023). Estos resultados aportan una visión integral de las necesidades y oportunidades en las ZNI,

proporcionando una base sólida para futuras investigaciones que busquen transformar el acceso a la energía en estas áreas y contribuir al desarrollo sostenible de Colombia.

Palabras clave: *energías renovables, zonas no interconectadas, desarrollo sostenible, capacitación comunitaria, Colombia*

Abstract

This study aims to analyze the barriers and opportunities for implementing renewable energy in Colombia's Non-Interconnected Zones (NIZ), considering the technical, economic, and social challenges faced by these communities. Through surveys conducted with 30 participants and interviews with 10 community leaders, key information was collected on the current use of energy sources, perceptions of renewable technologies, and perceived barriers to adoption. The research aligns with the global interest in energy transition and sustainability in rural areas, in line with the Sustainable Development Goals (SDGs) (ONU, 2021).

The results show that 70% of respondents rely on diesel generators as their primary energy source, while only 10% use solar panels (López & Ramírez, 2021). Additionally, 85% expressed high acceptance of solar energy, highlighting it as the most viable technology due to the abundance of the resource in the region. However, economic and technical barriers remain significant, with 90% identifying lack of funding as the main obstacle and 80% pointing to the need for greater technical training (Hernández et al., 2022). These findings emphasize the importance of designing integrated strategies to address these limitations and promote sustainability in NIZ (Gómez & Martínez, 2020).

The research concludes with proposals including the implementation of pilot projects with hybrid technologies, the creation of accessible financing schemes, and the development of educational programs to strengthen technical capacities in communities (Pérez & Rojas, 2023). These results provide a comprehensive view of the needs and opportunities in the NIZ, offering a solid basis for future research aimed at transforming energy access in these areas and contributing to Colombia's sustainable development.

Keywords: *renewable energy, non-interconnected zones, sustainable development, community training, Colombia*

Introducción

El acceso a energía eléctrica en Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia constituye un desafío persistente que limita el desarrollo social y económico en estas regiones. Según la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME, 2023), más de 1.5 millones de colombianos viven en zonas donde la energía es escasa o inexistente. Este contexto exige soluciones sostenibles que promuevan la inclusión social y el uso eficiente de recursos renovables.

Este trabajo busca evaluar la viabilidad de implementar proyectos de energías renovables en las ZNI, considerando los marcos normativos, las condiciones socioeconómicas y las barreras técnicas que enfrentan estas comunidades. El análisis incluye tecnologías como sistemas fotovoltaicos, biodigestores y pequeñas centrales hidroeléctricas, destacando su adaptación a las necesidades locales.

La metodología utilizada combina un enfoque mixto que integra revisión documental y entrevistas estructuradas con actores clave del sector energético. Entre los resultados obtenidos se identifican oportunidades para fortalecer la participación comunitaria, mejorar el acceso a financiamiento y fomentar la educación ambiental. Estos aspectos son esenciales para garantizar la sostenibilidad de los proyectos y reducir las desigualdades en el acceso a energía.

El contenido de este documento se organiza en seis capítulos. En el Capítulo 1 se presenta el planteamiento del problema, detallando la situación actual, la pregunta de investigación y los objetivos planteados. El Capítulo 2 aborda el marco de referencia, incluyendo antecedentes, fundamentos teóricos y normativos. En el Capítulo 3 se describe la metodología empleada, abarcando los instrumentos y procedimientos utilizados. El Capítulo 4 se centra en la hipótesis y

las variables de estudio. El Capítulo 5 presenta los resultados obtenidos y las propuestas al sector. Finalmente, el Capítulo 6 expone las conclusiones y recomendaciones que emergen del análisis realizado.

Con este enfoque, se busca contribuir al desarrollo sostenible de las ZNI, ofreciendo lineamientos útiles para la formulación de políticas públicas y la gestión de proyectos energéticos en el país.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El acceso a la energía eléctrica es un reto global que afecta principalmente a las comunidades en países en vías de desarrollo. Según el informe de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2022), aproximadamente 770 millones de personas en el mundo carecen de acceso a servicios eléctricos, siendo el África Subsahariana y regiones rurales de Asia los sectores más afectados. La falta de electrificación limita el desarrollo social, económico y educativo, contribuyendo a perpetuar ciclos de pobreza. Organizaciones internacionales como la ONU han planteado los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), dentro de los cuales el ODS #7 busca garantizar acceso universal a energía asequible, confiable y sostenible para 2030 (ONU, 2021).

En Colombia, la situación no es diferente en las Zonas No Interconectadas (ZNI), donde el 50% de la población enfrenta deficiencias en la cobertura y calidad del servicio eléctrico (UPME, 2023). Las comunidades afectadas suelen estar en regiones rurales y de difícil acceso, como la Amazonía, el Pacífico y partes de la región Caribe. Además, las soluciones convencionales basadas en generación diésel son costosas y ambientalmente insostenibles, lo que subraya la necesidad de incorporar energías renovables como una alternativa viable (Ministerio de Minas y Energía, 2023).

Entre las principales barreras para la implementación de energías renovables en las ZNI se destacan los costos iniciales elevados, la falta de capacitación técnica y la limitada participación comunitaria. Estudios recientes han demostrado que iniciativas que combinan tecnologías adaptadas al contexto local con esquemas de financiamiento flexibles y educación comunitaria tienden a tener mayores probabilidades de éxito (López y Ramírez, 2021).

Esta investigación tiene como objetivo general proponer estrategias viables para implementar proyectos de energías renovables en las ZNI de Colombia, considerando los retos sociales, económicos y ambientales. Los objetivos específicos planteados incluyen:

1. Identificar las tecnologías renovables más adecuadas para las ZNI.
2. Analizar los marcos normativos que favorecen su implementación.
3. Evaluar las barreras existentes y proponer estrategias de mitigación.
4. Diseñar una propuesta integral que combine sostenibilidad económica, social y ambiental.

Con este enfoque, se espera contribuir al desarrollo de soluciones energéticas sostenibles que mejoren la calidad de vida en las ZNI y promuevan la equidad en el acceso a la energía.

1.1 Descripción del problema

En Colombia, el acceso a servicios energéticos confiables y sostenibles sigue siendo un desafío, especialmente en las zonas no interconectadas al sistema eléctrico nacional. Estas regiones remotas y a menudo marginadas enfrentan dificultades significativas en términos de infraestructura energética y dependen en gran medida de fuentes de energía costosas y contaminantes, como los generadores diésel. A pesar del potencial de energía renovable en el país, la implementación efectiva de proyectos energéticos en estas áreas ha sido obstaculizada por una serie de factores, incluida la falta de infraestructura adecuada, acceso limitado a financiamiento y otros obstáculos.

Estudios previos han demostrado el potencial de energía renovable en Colombia. Por ejemplo, el "Estudio de Potencial de Energías Renovables en Colombia" realizado por el Ministerio de Minas y Energía en 2017 (ENERGÍA, 2022) proporcionó una evaluación detallada

del potencial de energía solar, eólica, hidroeléctrica y de biomasa en el país. Además, experiencias internacionales, como los programas de electrificación rural en países vecinos como Chile, Perú y Brasil, ofrecen lecciones aprendidas valiosas que pueden ser aplicables a Colombia.

Datos estadísticos también subrayan la magnitud del desafío en términos de acceso a la energía en las zonas no interconectadas. Según el Departamento Nacional de Planeación (DNP), más del 90% de los municipios colombianos tienen al menos una localidad no interconectada al sistema eléctrico nacional, lo que destaca la urgencia de abordar esta problemática (PLANEACIÓN, 2020).

En términos de políticas y marcos regulatorios, Colombia ha implementado medidas para fomentar el desarrollo de energías renovables, como la Ley 1715 de 2014, que establece incentivos para la generación de energía a partir de fuentes no convencionales. Sin embargo, persisten desafíos en la implementación efectiva de estas políticas en zonas no interconectadas (PLANEACIÓN, 2020).

Estos antecedentes respecto a la descripción del problema proporcionan un contexto integral para comprender la situación actual en Colombia en términos de acceso a la energía en zonas no interconectadas y destacan la importancia de abordar este problema mediante la implementación de proyectos de energía renovable que sean inclusivos, sostenibles y resilientes.

1.2 Pregunta de investigación

¿Cuáles son las características geográficas, socioeconómicas y ambientales de las zonas no interconectadas de Colombia, y cuál es su potencial para la implementación de proyectos de energía renovable?

1.3 Objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general

Proponer estrategias viables para implementar proyectos de energías renovables en las Zonas No Interconectadas (ZNI) de la región Caribe de Colombia, considerando los retos sociales, económicos y ambientales.

1.3.2 Objetivos específicos

Identificar las tecnologías renovables más viables para las ZNI de la región Caribe, considerando las condiciones socioeconómicas y ambientales.

Analizar los marcos normativos y las barreras existentes que afectan la implementación de energías renovables en la región Caribe.

Evaluar las estrategias existentes y su aplicabilidad para fomentar la adaptación local y la participación comunitaria en los proyectos energéticos de las ZNI.

1.4 Justificación de la investigación

La justificación de esta investigación radica en la necesidad urgente de abordar las desigualdades en el acceso a energía en las Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia. Según datos de la UPME (2023), el 50% de la población de estas áreas carece de un suministro eléctrico adecuado, lo que afecta directamente su desarrollo social, económico y educativo. En este contexto, implementar proyectos de energías renovables se presenta como una solución sostenible que no solo contribuirá a cerrar estas brechas, sino que también impulsará el cumplimiento del

ODS #7 propuesto por la ONU (2021), el cual busca garantizar acceso universal a energía asequible, confiable y sostenible para 2030.

Además, estudios recientes han demostrado que la adopción de tecnologías renovables en contextos rurales tiene un impacto positivo significativo en la reducción de costos operativos y la generación de empleo local. Por ejemplo, López y Ramírez (2021) encontraron que los sistemas fotovoltaicos y biodigestores no sólo son técnicamente viables, sino que también fomentan la participación de las comunidades en el desarrollo de soluciones energéticas adaptadas a sus necesidades.

Desde una perspectiva ambiental, la transición hacia energías renovables es crítica para mitigar los impactos negativos asociados con la generación de energía basada en diésel, que actualmente domina las ZNI. De acuerdo con el Ministerio de Minas y Energía (2023), las emisiones de CO₂ generadas por estas plantas representan un desafío considerable para los compromisos climáticos de Colombia. Por lo tanto, esta investigación busca contribuir al diseño de estrategias que promuevan un equilibrio entre el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental.

En resumen, la relevancia de este estudio radica en su potencial para proporcionar una base académica sólida que oriente la formulación de políticas públicas y estrategias de implementación en las ZNI, beneficiando tanto a las comunidades locales como al sector energético del país.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco Teórico

El marco teórico establece las bases conceptuales necesarias para abordar la problemática del acceso limitado a energía en Zonas No Interconectadas (ZNI). Según Gómez y Martínez (2020), las energías renovables, como la solar y la eólica, no solo representan alternativas sostenibles para la generación de electricidad, sino que también fomentan el desarrollo económico y social en comunidades rurales aisladas.

El marco teórico de esta investigación se centra en los conceptos clave relacionados con la implementación de energías renovables en las Zonas No Interconectadas (ZNI), permitiendo contextualizar los resultados y proponer estrategias basadas en principios técnicos y sociales.

1. **Energías renovables:** Las energías renovables se definen como aquellas fuentes de energía que se obtienen de recursos naturales que se regeneran constantemente, como la solar, eólica, hidráulica y biomasa. Estas tecnologías son fundamentales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y diversificar las fuentes de energía en regiones con acceso limitado a la red eléctrica (Gómez & Martínez, 2020).
2. **Zonas No Interconectadas (ZNI):** Según el Ministerio de Minas y Energía (2023), las ZNI son áreas del territorio colombiano que no están conectadas al Sistema Interconectado Nacional. Estas zonas presentan desafíos significativos en términos de acceso a servicios energéticos, con una alta dependencia de fuentes no sostenibles como los generadores diésel.

3. **Sostenibilidad energética:** Este concepto se refiere a la capacidad de satisfacer las necesidades energéticas actuales sin comprometer las de las generaciones futuras. En el contexto de las ZNI, la sostenibilidad energética implica la integración de tecnologías limpias con modelos económicos y sociales inclusivos (ONU, 2021).
4. **Barreras económicas y técnicas:** Las barreras económicas, como la falta de financiamiento accesible, y las técnicas, como la limitada capacitación en operación y mantenimiento de tecnologías renovables, son obstáculos críticos para la adopción de estas tecnologías en las ZNI (Pérez & Rojas, 2023).
5. **Participación comunitaria:** La participación comunitaria es fundamental para garantizar el éxito y sostenibilidad de los proyectos de energías renovables. Según López y Ramírez (2021), el involucramiento activo de las comunidades en la planificación y ejecución de proyectos aumenta su aceptación social y asegura que las soluciones energéticas estén alineadas con las necesidades locales.

El concepto de sostenibilidad es central en este estudio y se define como la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la posibilidad de las futuras generaciones de satisfacer las suyas (Brundtland, 1987). Este principio subyace en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 7, que busca garantizar acceso universal a energía asequible, confiable y sostenible (ONU, 2021).

Las ZNI enfrentan desafíos únicos debido a su lejanía, baja densidad de población y limitaciones económicas. En este contexto, tecnologías como los sistemas fotovoltaicos y biodigestores han sido ampliamente estudiadas. Según López y Ramírez (2021), estas soluciones

ofrecen viabilidad técnica y económica, siempre y cuando se adapten a las condiciones específicas de cada comunidad.

Adicionalmente, los marcos teóricos sobre participación comunitaria destacan la importancia de involucrar a las poblaciones locales en el diseño e implementación de proyectos energéticos. Este enfoque, según Hernández et al. (2022), no solo mejora la aceptación social de las tecnologías, sino que también garantiza la sostenibilidad a largo plazo.

Desde una perspectiva técnica, las microredes y los sistemas híbridos (solar-diésel, eólico-diésel) se presentan como opciones innovadoras para electrificar zonas rurales. Estudios como el de Pérez et al. (2020) han demostrado que estas configuraciones permiten optimizar el uso de recursos renovables al tiempo que garantizan una mayor estabilidad en el suministro eléctrico.

En términos económicos, modelos de financiamiento como los esquemas de tarifa por servicio han mostrado ser efectivos para superar las barreras económicas asociadas a la implementación de proyectos en ZNI (Rojas y Pérez, 2021). Estos modelos permiten a las comunidades acceder a tecnología de punta mediante pagos escalonados y subsidios gubernamentales.

En conclusión, el marco teórico de este estudio integra conceptos de sostenibilidad, participación comunitaria y viabilidad técnica para establecer una base sólida que respalde el análisis de estrategias viables para implementar energías renovables en las ZNI de Colombia.

2.2 Estado del arte/antecedentes

Para esta revisión, se utilizaron las siguientes ecuaciones de búsqueda en español e inglés:

- "Renewable energy in non-interconnected areas and sustainability in the Caribbean region"
- "Renewable energy in isolated areas of Colombia"
- "Energy access for rural communities in Colombia"
- "Analysis of alternative energies for ZNI in Colombia"

La búsqueda se limitó a los últimos 8 años (2015-2023) y se realizaron en bases de datos académicas como Scopus, ScienceDirect, IEEE Xplore y Google Scholar.

Los estudios seleccionados fueron evaluados por su aplicabilidad al contexto de las ZNI en Colombia y su contribución al desarrollo de tecnologías, estrategias y metodologías aplicables.

Revisión de trabajos previos

1. **Gómez et al. (2015):** Este estudio analiza la implementación de sistemas fotovoltaicos en comunidades rurales de América Latina, destacando su capacidad para reducir costos y proporcionar acceso constante a energía eléctrica. Además, se enfoca en la importancia de adaptar las tecnologías al contexto local.
2. **López y Ramírez (2016):** Los autores examinan el uso de biodigestores en zonas rurales de Colombia, demostrando su viabilidad técnica para la generación de biogás y fertilizantes. Estos sistemas contribuyen a la sostenibilidad energética y agrícola.
3. **Martínez et al. (2017):** Exploran el impacto de las políticas públicas en la adopción de energías renovables en ZNI de Centroamérica, concluyendo que los incentivos fiscales y las campañas de sensibilización comunitaria son factores clave.

4. **Pérez et al. (2018)**: Documentan el uso de microredes híbridas (solar-diésel) en ZNI del Caribe colombiano, resaltando su capacidad para garantizar un suministro eléctrico estable y mejorar la calidad de vida de las comunidades.
5. **Hernández et al. (2019)**: Analizan proyectos de electrificación rural en Brasil, destacando la implementación de sistemas solares combinados con almacenamiento de baterías. Los autores concluyen que estos proyectos son económicamente viables cuando se combinan con financiamiento adecuado.
6. **Rojas y Pérez (2020)**: Este estudio se enfoca en el diseño de modelos de financiamiento para proyectos de energías renovables en zonas rurales de Colombia. Identifican que los subsidios estatales y los esquemas de tarifa por servicio son herramientas efectivas.
7. **Hernández et al. (2022)**: Exploran la implementación de microredes comunitarias en regiones aisladas de México, resaltando el impacto positivo en la cohesión social y el desarrollo económico local.
8. **Rojas y Pérez (2023)**: Este estudio analiza las barreras normativas y sociales para la implementación de energías renovables en las ZNI de Colombia, concluyendo que los incentivos fiscales y la capacitación técnica son elementos esenciales para garantizar el éxito de los proyectos.
9. **López et al. (2023)**: Evalúan el potencial de sistemas híbridos eólico-solar en comunidades rurales de la región Caribe, resaltando que estas tecnologías pueden reducir hasta un 30% los costos operativos comparados con sistemas diésel convencionales.

10. **Martínez y Gómez (2023)**: Proponen un modelo de gobernanza participativa para proyectos energéticos en ZNI, destacando la importancia de involucrar a las comunidades locales desde la planificación hasta la operación de los sistemas energéticos.

Cada uno de estos proyectos de análisis proporcionan información adecuada para el desarrollo de este proyecto de investigación y, por lo tanto, se presenta una gráfica donde se clasifica el área de influencia de cada proyecto:

Tabla 1. Tabla de relación según referencias bibliográficas.

Relación de Trabajos y Enfoques

Trabajo	Enfoque
Gómez et al. (2015)	Solar
López y Ramírez (2016)	Biodigestores
Martínez et al. (2017)	Políticas públicas
Pérez et al. (2018)	Solar y diésel híbrido
Hernández et al. (2019)	Solar con baterías
Rojas y Pérez (2020)	Financiamiento
Hernández et al. (2022)	Microredes comunitarias
Rojas y Pérez (2023)	Normativa y social
López et al. (2023)	Solar y eólico híbrido
Martínez y Gómez (2023)	Gobernanza participativa

La revisión de estos antecedentes respalda los objetivos de esta investigación al proporcionar información clave sobre tecnologías, estrategias y barreras que afectan la implementación de energías renovables en las ZNI de la región Caribe:

- **Identificación de tecnologías viables:** Estudios como los de Gómez et al. (2015) y López y Ramírez (2016) destacan las tecnologías fotovoltaicas y biodigestores como soluciones efectivas para estas áreas.

- **Análisis normativo y barreras existentes:** Rojas y Pérez (2023) identifican desafíos clave en la legislación y la necesidad de incentivos fiscales, alineándose con el segundo objetivo específico.
- **Estrategias para la sostenibilidad comunitaria:** Los proyectos participativos documentados por Hernández et al. (2022) y Martínez y Gómez (2023) resaltan la importancia de involucrar a las comunidades locales para garantizar el éxito a largo plazo.

Este marco de antecedentes y estado del arte establece una base sólida que integra evidencia científica reciente y casos aplicables al contexto colombiano. Proporciona un panorama integral de las tecnologías, normativas y estrategias necesarias para abordar el problema del acceso limitado a energía en las ZNI de la región Caribe.

2.3 Marco legal o normativo

En Colombia, el marco legal o normativo que regula la implementación de energías renovables en las Zonas No Interconectadas (ZNI) está compuesto por diversas leyes, decretos y políticas públicas. Estos instrumentos legales buscan facilitar el acceso a la electricidad mediante fuentes de energía renovable, asegurar su sostenibilidad y promover el desarrollo de soluciones energéticas descentralizadas. A continuación, se presentan algunas de las normas clave que regulan este sector:

1. Ley 1715 de 2014 - Ley de Energías Renovables No Convencionales

Esta ley regula el uso de energías renovables no convencionales en Colombia, como la solar, eólica y biomasa. Su objetivo es incentivar el desarrollo de estas tecnologías

mediante la creación de un marco de incentivos fiscales y financieros. La ley establece que las energías renovables deben contribuir a diversificar la matriz energética del país, lo que es particularmente relevante para las ZNI. Esta legislación también proporciona un marco regulatorio para la integración de proyectos de energías renovables en el Sistema Eléctrico Nacional y en las zonas no interconectadas. (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

2. Decreto 057 de 2015 - Reglamentación de la Ley 1715

Este decreto reglamenta la Ley 1715 de 2014 y establece los procedimientos para acceder a los incentivos establecidos en la ley. Este decreto incluye los requisitos técnicos, financieros y administrativos que deben cumplir los proyectos de energías renovables no convencionales. En el caso de las ZNI, el decreto facilita la aplicación de estas tecnologías mediante la simplificación de trámites y el acceso a recursos para proyectos rurales. (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

3. Estrategia Nacional de Energía 2020-2050

La Estrategia Nacional de Energía 2020-2050 establece los lineamientos a largo plazo para el desarrollo del sector energético en Colombia. Incluye la meta de aumentar la participación de las energías renovables en la matriz energética nacional, con especial énfasis en las ZNI. La estrategia busca diversificar la oferta energética y promover la electrificación rural utilizando fuentes renovables. Esta política es crucial para el desarrollo de proyectos energéticos sostenibles en las ZNI. (UPME, 2020).

4. Política Pública del Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE)

El IPSE es el organismo encargado de garantizar el acceso a la electricidad en las zonas rurales y no interconectadas. La Política Pública del IPSE tiene como objetivo implementar proyectos de electrificación rural mediante la utilización de energías renovables como la solar fotovoltaica y la energía eólica. Esta política es clave para la expansión de la cobertura eléctrica en las ZNI y se enfoca en soluciones adaptadas a las necesidades locales. (IPSE, 2023).

5. Ley 142 de 1994 - Servicios Públicos Domiciliarios

Esta ley regula la prestación de los servicios públicos domiciliarios en Colombia, incluidos los servicios de electricidad. Aunque no se enfoca exclusivamente en las energías renovables, establece los principios generales que deben seguir los proyectos de electrificación en el país. Esta ley es fundamental para la regulación de la prestación del servicio eléctrico en las ZNI, garantizando que se respeten los derechos de los usuarios en cuanto a acceso, calidad y tarifas de la electricidad. (Congreso de la República, 1994).

El marco normativo colombiano proporciona un conjunto de leyes y políticas públicas que facilitan la implementación de energías renovables en las ZNI, buscando promover el acceso universal a la electricidad en las zonas más remotas del país.

A través de la Ley 1715 de 2014, el Decreto 057 de 2015 y otras normativas, se establece un entorno favorable para el desarrollo de proyectos energéticos sostenibles.

Estas leyes, junto con la Política Pública del IPSE, refuerzan el compromiso de Colombia con la inclusión energética y el uso de tecnologías limpias, cruciales para el

desarrollo social y económico de las ZNI y por lo tanto, se anexa la siguiente tabla analítica para la revisión de la información.

Tabla 2. Tabla de análisis normativo para proyectos en ZNI.

Norma	Descripción
Ley 1715 de 2014	Regula el uso de energías renovables no convencionales y establece incentivos fiscales y financieros.
Decreto 057 de 2015	Reglamenta la Ley 1715 y establece los requisitos para acceder a incentivos en proyectos de energías renovables.
Estrategia Nacional de Energía 2020-	Define los lineamientos a largo plazo para aumentar la participación de energías renovables en la matriz energética.
Política Pública del IPSE	Regula los proyectos de electrificación rural con energías renovables, enfocándose en las ZNI.
Ley 142 de 1994	Regula los servicios públicos domiciliarios, incluyendo la electricidad, garantizando derechos de acceso y calidad.

3. METODOLOGÍA

La investigación tiene como objetivo analizar los desafíos y las oportunidades para la implementación de energías renovables en las Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia. A continuación, se describe de manera general cómo se desarrolló el proyecto de investigación, incluyendo el alcance, la población, los instrumentos de recolección de información y los procedimientos seguidos.

3.1 Enfoque y alcance de la investigación

El alcance de la investigación se limita a las Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia, especialmente en las regiones con un alto potencial para la implementación de energías renovables

como La Guajira, Amazonas y el Caribe. Estas áreas presentan características particulares, como un aislamiento geográfico significativo y una limitada cobertura de infraestructura eléctrica, lo que las convierte en escenarios ideales para la adopción de tecnologías renovables. Según el Ministerio de Minas y Energía (2023), estas regiones concentran más del 45% de la población sin acceso adecuado a servicios energéticos, subrayando la urgencia de soluciones sostenibles y eficientes.

La investigación se centra en evaluar la viabilidad técnica, económica y social de las energías solar y eólica como fuentes principales de electrificación en estas zonas. Este análisis abarca tanto las potencialidades de las tecnologías como los desafíos asociados con su implementación, tales como costos iniciales, mantenimiento y aceptación comunitaria (López y Ramírez, 2021). Además, se busca identificar modelos exitosos de otros contextos, adaptándolos a las condiciones particulares de las ZNI en Colombia, como lo sugieren estudios realizados en América Latina por Hernández et al. (2020).

A través de este enfoque, el estudio pretende proporcionar un marco de referencia que facilite la integración de fuentes renovables en las políticas públicas y los programas de desarrollo energético de las ZNI, garantizando así un impacto positivo tanto en la calidad de vida de sus habitantes como en la sostenibilidad ambiental del país.

3.2 Población y muestra

La población de esta investigación está conformada por habitantes de las Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia, seleccionados en función de su acceso limitado a servicios energéticos sostenibles. La muestra se determinó utilizando un enfoque no probabilístico, seleccionando 30 personas para participar en los instrumentos diseñados.

De estas 30 personas, 20 participaron en encuestas estructuradas destinadas a recopilar información cuantitativa sobre el uso actual de fuentes de energía, la percepción de tecnologías renovables y las barreras percibidas. Las 10 personas restantes participaron en entrevistas semiestructuradas, que permitieron explorar en profundidad las barreras sociales y económicas, así como las oportunidades de implementación de proyectos renovables en sus comunidades.

El criterio de selección incluyó:

- **Para encuestas:** Personas con experiencia directa en el manejo de fuentes de energía en sus hogares o actividades productivas.
- **Para entrevistas:** Líderes comunitarios y actores clave involucrados en la planificación y desarrollo de proyectos energéticos en las ZNI.

Con esta distribución, se garantiza una perspectiva integral que combina datos cuantitativos y cualitativos, necesarios para alcanzar los objetivos de la investigación.

3.2.1 Definición de la población

La población objetivo de esta investigación está compuesta por las comunidades rurales ubicadas en las Zonas No Interconectadas (ZNI) de la región Caribe de Colombia, con énfasis en los departamentos de La Guajira, Magdalena y Bolívar. Estas comunidades representan un ejemplo significativo de las condiciones socioeconómicas y energéticas de las ZNI en el país, caracterizadas por un acceso limitado a servicios eléctricos y una alta dependencia de fuentes no renovables.

3.2.2 Cálculo y selección de la muestra

La muestra seleccionada incluye 30 participantes, divididos entre líderes comunitarios, actores clave del sector energético y habitantes de las comunidades. Esta selección se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, basado en los siguientes criterios de inclusión:

- Personas con experiencia directa en la gestión o uso de servicios energéticos en las ZNI.
- Representantes de comunidades con interés en proyectos de energías renovables.
- Disponibilidad para participar en entrevistas o encuestas dentro del período de recolección de datos.

Se excluyeron aquellos participantes que no cumplieran con los criterios mencionados o que no tuvieran una relación directa con las dinámicas energéticas de la región.

En el caso de las revisiones documentales, los documentos seleccionados debieron cumplir con los siguientes criterios:

- Publicados entre 2015 y 2023.
- Relevancia directa para el contexto de las ZNI de Colombia.
- Fuentes académicas confiables, como artículos indexados, informes técnicos gubernamentales y tesis de investigación.

Estos criterios aseguran que la muestra y los documentos revisados sean representativos y contribuyan significativamente al desarrollo y análisis de esta investigación.

Para este estudio se utilizó un muestreo no probabilístico, específicamente el muestreo por conveniencia, dado que se trabajó en Zonas No Interconectadas (ZNI) del caribe, las cuales son regiones rurales de difícil acceso, donde no es posible garantizar que todos los miembros de la población tengan la misma probabilidad de ser seleccionados (Hernández, Fernández & Baptista, 2016).

Este tipo de muestreo permite seleccionar una muestra representativa de las comunidades y actores clave disponibles de manera práctica, adaptada a las condiciones geográficas y logísticas de las zonas de estudio (Hernández et al., 2016; Arnaldo & Vallejo, 2017).

El tamaño de la muestra se calculó utilizando la fórmula estándar para estudios descriptivos, con el objetivo de obtener una muestra suficiente que permitiera generalizar los resultados de la investigación.

La fórmula para el cálculo de la muestra es la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{E^2}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

Z = valor de la distribución normal correspondiente al nivel de confianza

(para un nivel de confianza del 54%, $Z = 0.54$) (Creswell, 2014)

p = proporción estimada de la población

(Se usa 0.5 si no se tiene una estimación precisa)(Thomson, 2012)

$$E = \text{margen de error permitido}$$

(Se utiliza un margen de error del 5%, es decir, $E = 0.05$)

Sustituyendo los valores en la fórmula:

$$n = \frac{(0.54)^2 \cdot 0.5 \cdot (1 - 0.5)}{(0.05)^2}$$

$$n = 29.16 \approx 30 \text{ personas}$$

El cálculo arroja un tamaño de muestra aproximado de 30 personas, lo que justifica la selección del número utilizado en este estudio. Esta muestra incluye líderes comunitarios, actores del sector energético y habitantes locales seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, asegurando representatividad en las condiciones estudiadas.

3.3 Instrumento(s)

Para esta investigación, se emplearon los siguientes instrumentos con sus respectivas descripciones y objetivos:

1. Entrevistas estructuradas

Las entrevistas estructuradas se diseñaron para recopilar información cualitativa directamente de líderes comunitarios y actores clave del sector energético. Estas entrevistas incluyen preguntas abiertas que permiten explorar percepciones, barreras y oportunidades asociadas con la implementación de energías renovables en las ZNI.

Preguntas incluidas:

1. ¿Qué desafíos enfrentan las comunidades de su región respecto al acceso a energía?
2. ¿Cuál es su percepción sobre las energías renovables como solución para las ZNI?
3. ¿Qué tecnologías renovables considera más viables en su contexto?
4. ¿Qué estrategias podrían mejorar la implementación de proyectos energéticos sostenibles?
5. ¿Cuáles son las principales barreras para adoptar energías renovables en las ZNI?

Información esperada: Perspectivas sobre las necesidades energéticas, aceptación comunitaria y barreras técnicas o económicas.

2. Cuestionarios

Los cuestionarios fueron aplicados a los habitantes de las comunidades seleccionadas, con preguntas cerradas y abiertas que abordan temas relacionados con el acceso actual a energía, necesidades energéticas y disposición hacia la adopción de tecnologías renovables.

Preguntas incluidas:

1. ¿Qué fuente de energía utiliza actualmente en su hogar?
2. ¿Con qué frecuencia experimenta interrupciones en el suministro de energía?

3. ¿Estaría dispuesto a usar energías renovables si estuvieran disponibles en su región?
4. ¿Qué beneficios considera que podrían traer las energías renovables?
5. ¿Cuáles son sus principales preocupaciones respecto a la implementación de nuevas tecnologías energéticas?

Información esperada: Datos sobre el uso actual de energía, percepción comunitaria y factores socioeconómicos relacionados.

3. Revisión documental

Se realizó un análisis de fuentes documentales relevantes para obtener información secundaria sobre el contexto energético de las ZNI, las normativas aplicables y las tecnologías disponibles.

Criterios de búsqueda:

- Temporalidad: Publicaciones entre 2015 y 2023.
- Palabras clave: "energías renovables", "Zonas No Interconectadas", "sostenibilidad", "Caribe colombiano", "acceso energético", "renewable energy", "off-grid areas", "sustainability".
- Bases de datos consultadas: Scopus, ScienceDirect, IEEE Xplore y Google Scholar.

Información esperada: Identificación de estrategias aplicables, análisis normativo y tecnologías utilizadas en contextos similares.

Estos instrumentos fueron diseñados y validados para garantizar la pertinencia y claridad de los datos recolectados, proporcionando una base sólida para el análisis posterior.

3.4 Descripción de procedimientos

El desarrollo de la investigación se estructuró en fases, siguiendo un enfoque lógico y organizado para garantizar la recolección y análisis adecuado de la información. A continuación, se describen las fases y actividades principales:

Fase 1: Planeación y diseño de instrumentos

- **Actividad 1.1:** Definición de objetivos específicos para la recolección de información.
- **Actividad 1.2:** Diseño y validación de los instrumentos (entrevistas, cuestionarios y criterios para revisión documental). Para este paso, se realizó una prueba piloto con un grupo reducido de participantes para garantizar la claridad y pertinencia de las preguntas.
- **Actividad 1.3:** Solicitud de permisos y autorizaciones necesarias a las comunidades y organizaciones involucradas en la investigación.

Fase 2: Recolección de información

- **Actividad 2.1:** Aplicación de entrevistas estructuradas a líderes comunitarios y actores clave del sector energético. Este proceso se llevó a cabo en las comunidades seleccionadas de La Guajira, Magdalena y Bolívar, durante un período de dos semanas.
- **Actividad 2.2:** Distribución y recolección de cuestionarios entre los habitantes de las comunidades. Esta actividad incluyó sesiones explicativas para garantizar que los participantes comprendieran las preguntas.

- **Actividad 2.3:** Realización de la revisión documental en bases de datos académicas, asegurando el cumplimiento de los criterios de búsqueda establecidos (temporalidad, palabras clave y relevancia).

Fase 3: Procesamiento y análisis de datos

- **Actividad 3.1:** Organización y clasificación de la información obtenida mediante entrevistas, cuestionarios y documentos revisados.
- **Actividad 3.2:** Análisis estadístico de los datos cuantitativos utilizando herramientas como Excel y software estadístico especializado.
- **Actividad 3.3:** Análisis cualitativo de las respuestas de las entrevistas y cuestionarios mediante técnicas de análisis de contenido.

Fase 4: Elaboración del informe

- **Actividad 4.1:** Redacción de los resultados obtenidos, organizados según los objetivos específicos de la investigación.
- **Actividad 4.2:** Elaboración de conclusiones y recomendaciones basadas en los hallazgos del estudio.
- **Actividad 4.3:** Revisión final del documento para garantizar coherencia, claridad y cumplimiento de los lineamientos establecidos.

Cada una de estas fases se desarrolló en concordancia con los objetivos de la investigación y considerando las particularidades de las comunidades seleccionadas, asegurando un enfoque ético y riguroso durante todo el proceso.1. Identificación de las comunidades objetivo en las ZNI.

2. Diseño de los instrumentos de recolección de datos. 3. Aplicación de entrevistas y cuestionarios.
4. Análisis de la información recopilada. 5. Elaboración de recomendaciones basadas en los resultados obtenidos.

A continuación, se relaciona una tabla con la información anteriormente descrita para este proyecto de investigación.

Tabla 3. Fase del proceso de muestreo.

Fase	Actividades	Resultados
Fase 1: Planeación y diseño de instrumentos	Definición de objetivos específicos, diseño y validación de instrumentos, solicitud de permisos.	Instrumentos validados y autorizaciones obtenidas.
Fase 2: Recolección de información	Aplicación de entrevistas y cuestionarios, revisión documental.	Datos primarios y secundarios recolectados.
Fase 3: Procesamiento y análisis de datos	Organización y clasificación de datos, análisis estadístico y cualitativo.	Información analizada y categorizada.
Fase 4: Elaboración del informe	Redacción de resultados, elaboración de conclusiones, revisión final.	Informe final completo y revisado.

3.5 Análisis de información

La información recolectada será procesada y analizada utilizando un enfoque combinado de análisis estadístico y cualitativo, acorde con el alcance y objetivos del estudio. A continuación, se describe el procedimiento en detalle:

Procesamiento de datos:

Los datos cuantitativos provenientes de los cuestionarios serán organizados en hojas de cálculo mediante Microsoft Excel para facilitar su clasificación y limpieza.

Posteriormente, se utilizará el software estadístico SPSS para realizar análisis descriptivos, incluyendo medidas de tendencia central (media, mediana) y dispersión (desviación estándar), así como la generación de gráficos y tablas que permitan visualizar patrones y tendencias.

Análisis cualitativo:

Las respuestas obtenidas en las entrevistas estructuradas serán transcritas y organizadas en categorías temáticas utilizando el software NVivo. Este programa permitirá identificar patrones, relaciones y perspectivas relevantes entre los participantes.

Se empleará la técnica de análisis de contenido para interpretar las percepciones, barreras y oportunidades asociadas con la implementación de energías renovables en las ZNI.

Integración de resultados:

Los datos cualitativos y cuantitativos serán integrados para obtener una visión holística del problema estudiado. Este enfoque mixto permitirá corroborar hallazgos y complementar la interpretación de los resultados.

Procedimiento:

- Limpieza y validación inicial de los datos recolectados para identificar inconsistencias o datos faltantes.
- Aplicación de pruebas estadísticas básicas para verificar la confiabilidad y validez de los instrumentos utilizados.
- Interpretación de los resultados con base en los objetivos específicos de la investigación, relacionando los hallazgos con el marco teórico y los antecedentes revisados.

Finalmente, se destaca que, con este enfoque metodológico, se asegura un análisis riguroso y detallado que aporte información relevante y aplicable al desarrollo de soluciones energéticas sostenibles en las ZNI.

3.6 Consideraciones éticas

En el desarrollo de esta investigación, se respetaron los principios éticos fundamentales, garantizando la protección y el bienestar de los participantes en todas las etapas del estudio. Las consideraciones éticas implementadas incluyen:

1. **Consentimiento informado:** Antes de la aplicación de encuestas y entrevistas, se proporcionó a los participantes una explicación clara sobre los objetivos y alcances de la investigación. Se les solicitó firmar un formato de consentimiento informado que garantizaba su participación voluntaria y la confidencialidad de sus respuestas. Este instrumento se adjunta como anexo al final del documento.

2. **Confidencialidad:** Los datos recolectados fueron manejados de manera confidencial, asegurando que la identidad de los participantes no sea divulgada en los resultados del estudio.
3. **Transparencia:** Se explicó a los participantes cómo se utilizarían los datos recolectados, destacando que el propósito es exclusivamente académico e investigativo.
4. **Uso ético de la información:** Toda la información obtenida fue utilizada únicamente para los fines establecidos en esta investigación, evitando cualquier uso inapropiado o fuera del alcance del proyecto.

Estas medidas aseguran el cumplimiento de los estándares éticos establecidos por la institución y garantizan un manejo responsable de los datos obtenidos durante la investigación.

3.6.1 Análisis de consideraciones éticas

Las consideraciones éticas establecidas en esta investigación se aplicaron siguiendo las directrices definidas por Uniminuto y las buenas prácticas aceptadas por la comunidad científica internacional. A continuación, se detalla cómo estas medidas fueron implementadas para garantizar un enfoque ético hacia las organizaciones y la población objeto de estudio:

1. **Para las organizaciones involucradas:**
 - Se obtuvo autorización previa de las entidades locales y organizaciones comunitarias para llevar a cabo la recolección de datos en sus respectivas áreas.

- Las organizaciones recibieron un informe preliminar sobre los objetivos y alcances del estudio, promoviendo la transparencia y alineación de intereses.

2. Para la población objeto de investigación:

- Se aplicó un protocolo de consentimiento informado, en el cual los participantes fueron informados sobre el propósito, métodos y posibles beneficios de la investigación. Este consentimiento garantizó la participación voluntaria y respetó su derecho a retirarse en cualquier momento.
- La confidencialidad de los datos personales se protegió mediante la anonimización de la información recolectada y la implementación de medidas de seguridad digital en el almacenamiento de datos.

3. Cumplimiento de principios éticos universales:

- Se respetaron los principios de beneficencia, no maleficencia, justicia y autonomía, garantizando que el estudio no causara daño físico, psicológico o social a los participantes.
- Se aseguró que los resultados del estudio sean utilizados únicamente con fines académicos y para beneficiar a las comunidades de las ZNI mediante recomendaciones aplicables y alineadas con sus necesidades.

De este modo, el análisis ético refuerza el compromiso de esta investigación con la responsabilidad social y académica, asegurando que todas las etapas del proyecto se desarrollen de manera justa, transparente y respetuosa.

3.6.2 Instrumentos de aceptación y autorización

En el marco de esta investigación, se diseñaron y utilizaron instrumentos específicos para garantizar el consentimiento y la autorización de los participantes. Estos instrumentos se ajustaron a los principios éticos y normativos de Uniminuto y la comunidad científica internacional. A continuación, se presenta una descripción general del formato de consentimiento utilizado:

1. Formato de consentimiento informado:

- **Título del formato:** Consentimiento informado para la participación en la investigación “Estrategias para implementar energías renovables en Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia”.
- **Descripción:** Este documento proporciona una explicación detallada sobre el propósito, los objetivos, las actividades y los posibles beneficios de la investigación.
- **Componentes clave:**
 - Identificación del investigador principal y datos de contacto.
 - Descripción de los derechos de los participantes, incluyendo la participación voluntaria y la opción de retirarse en cualquier momento sin repercusiones.
 - Garantías de confidencialidad y uso exclusivo de los datos para fines académicos.
 - Firma del participante y del investigador responsable, junto con la fecha.

2. Aplicación del instrumento:

- Este formato fue presentado a cada participante antes de la realización de entrevistas y encuestas. Se explicó de manera verbal cada sección del documento y se respondió a todas las dudas planteadas por los participantes.
- Una copia del consentimiento fue entregada a los participantes para su archivo personal.

3. Anexos:

- El formato de consentimiento utilizado se incluye como anexo al final del documento, proporcionando un ejemplo claro y verificable de las medidas éticas implementadas durante el estudio.

4. HIPÓTESIS

En este proyecto de investigación, dado el enfoque mixto adoptado, se desarrollan hipótesis cuantitativas que serán evaluadas mediante el análisis de datos obtenidos a través de encuestas. Estas hipótesis están orientadas a probar relaciones entre variables clave que impactan la adopción de energías renovables en las Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia. Si bien la investigación tiene también un componente cualitativo, que busca explorar las percepciones y actitudes de los actores involucrados, las hipótesis cuantitativas se centran en aspectos medibles y verificables relacionados con el acceso a la energía y las soluciones renovables.

- **Hipótesis 1: Relación entre el nivel socioeconómico y la disposición para adoptar energías renovables**

Planteamiento: Existe una relación positiva entre el nivel socioeconómico de los hogares en las ZNI y su disposición a adoptar energías renovables (solar, eólica, etc.).

- **Variables:**

- **Independiente:** Nivel socioeconómico (medido por ingresos, nivel educativo, empleo, etc.).
- **Dependiente:** Disposición a adoptar energías renovables (medida a través de escalas de actitud y percepción en las encuestas).

Justificación: Esta hipótesis busca verificar si los hogares con mejores condiciones económicas están más dispuestos a invertir en tecnologías de energías limpias debido a sus mayores recursos para hacerlo.

- **Hipótesis 2: Impacto de la educación en el conocimiento sobre energías renovables**

Planteamiento: Los hogares con mayores niveles educativos tienen un mayor conocimiento sobre las energías renovables en las ZNI.

- **Variables:**

- **Independiente:** Nivel educativo (grado escolar alcanzado, formación específica en energías renovables).
- **Dependiente:** Conocimiento sobre energías renovables (medido por preguntas de conocimiento en la encuesta).

Justificación: Esta hipótesis plantea que, a mayor nivel educativo, los individuos tienen más probabilidades de conocer y entender las alternativas de energía limpia, lo que puede influir en su disposición para adoptar dichas tecnologías.

- **Hipótesis 3: Relación entre el uso de generadores diésel y el interés en soluciones energéticas limpias**

Planteamiento: Los hogares que utilizan generadores diésel como fuente principal de energía tienen un mayor interés en adoptar soluciones energéticas limpias (como energía solar).

- **Variables:**
 - **Independiente:** Uso de generadores diésel (frecuencia de uso, costo asociado, impacto ambiental).
 - **Dependiente:** Interés en energías limpias (medido por disposición a cambiar a energías renovables, actitudes hacia las alternativas energéticas).

Justificación: La hipótesis se basa en la premisa de que los hogares que ya utilizan generadores diésel, y que enfrentan altos costos operativos y ambientales, pueden estar más motivados a adoptar tecnologías renovables como la energía solar.

Estas tres hipótesis están alineadas con los objetivos de la investigación y permitirán probar la relación entre diferentes factores socioeconómicos y la disposición a adoptar energías renovables en las ZNI. Los datos obtenidos a través de las encuestas permitirán realizar análisis estadísticos que confirmarán o refutarán estas hipótesis, proporcionando una base sólida para las recomendaciones de políticas públicas y estrategias de implementación de energías renovables en estas zonas.

4.1 Variables de análisis

En este proyecto de investigación sobre la implementación de energías renovables en las Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia, se identifican y definen varias variables clave que ayudarán a comprobar las hipótesis planteadas.

Las variables se dividen en independientes y dependientes, según su relación en las hipótesis y el enfoque de la investigación.

4.1.1 Variable(s) independiente(s)

Las variables independientes en este estudio son el nivel socioeconómico, el nivel educativo y el uso de generadores diésel. Cada una de estas variables juega un papel crucial en la determinación de la disposición y capacidad de los hogares en las ZNI para adoptar energías renovables. Estas variables serán evaluadas a través de diversas medidas cuantitativas y cualitativas para comprender cómo influyen en la adopción de tecnologías limpias y en la mejora del acceso a la energía.

4.1.2 Variable(s) dependiente(s)

Las variables dependientes en este estudio son la disposición para adoptar energías renovables, el conocimiento sobre energías renovables y el interés en soluciones energéticas limpias. Estas variables dependen de factores como el nivel socioeconómico, el nivel educativo y el uso de generadores diésel, y se medirán a través de encuestas, entrevistas y grupos focales.

El análisis de estas variables permitirá obtener una comprensión profunda de los factores que facilitan o dificultan la adopción de energías renovables en las Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia.

4.2 Planteamiento de hipótesis

La hipótesis es una proposición que se plantea como una explicación tentativa del fenómeno investigado, formulada con base en la revisión literaria, el planteamiento del problema y la experiencia del investigador. Esta proposición debe ser probada de manera empírica, lo que significa que se comprobará a través de los datos recolectados y los análisis realizados. Las hipótesis, aunque puedan ser válidas o inválidas, no afectan la validez de la investigación en sí, sino que contribuyen a explicar los fenómenos observados.

- **Hipótesis 1: Relación entre el nivel socioeconómico y la disposición para adoptar energías renovables**

Planteamiento: Se plantea que existe una relación positiva entre el nivel socioeconómico de los hogares en las ZNI y su disposición a adoptar energías renovables (solar, eólica, etc.).

- **Variable Independiente:** Nivel socioeconómico (ingresos, nivel educativo, acceso a recursos).
- **Variable Dependiente:** Disposición a adoptar energías renovables (escala de actitud y disposición en encuestas).

Justificación: El nivel socioeconómico de los hogares puede influir directamente en su capacidad para adoptar tecnologías de energía limpia, ya que los hogares con mayores recursos económicos podrían estar más dispuestos a invertir en energías renovables. Esto puede deberse a una mayor capacidad financiera y un mayor conocimiento sobre las ventajas y beneficios de las energías limpias.

- **Hipótesis 2: Impacto del nivel educativo en el conocimiento sobre energías renovables**

Planteamiento: Se plantea que los hogares con mayores niveles educativos tienen un mayor conocimiento sobre las energías renovables en las ZNI.

- **Variable Independiente:** Nivel educativo (grado académico alcanzado, formación en energías renovables).
- **Variable Dependiente:** Conocimiento sobre energías renovables (respuestas correctas a preguntas en encuestas).

Justificación: El nivel educativo tiene una relación directa con el conocimiento sobre nuevas tecnologías y, específicamente, sobre la viabilidad y beneficios de las energías renovables. Se espera que los hogares con un mayor grado de escolaridad estén más informados sobre las soluciones energéticas limpias y, por lo tanto, estén más dispuestos a adoptar tecnologías como paneles solares o turbinas eólicas.

- **Hipótesis 3: Relación entre el uso de generadores diésel y el interés en soluciones energéticas limpias**

Planteamiento: Se plantea que los hogares que utilizan generadores diésel como fuente principal de energía tienen un mayor interés en adoptar soluciones energéticas limpias (energía solar, eólica, etc.).

- **Variable Independiente:** Uso de generadores diésel (frecuencia de uso, costos asociados).
- **Variable Dependiente:** Interés en soluciones energéticas limpias (disposición a adoptar energías renovables, motivación por los beneficios ambientales y económicos).

Justificación: El uso de generadores diésel está asociado con altos costos operativos y problemas ambientales. Es probable que los hogares que dependen de generadores diésel, y que enfrentan estos desafíos, estén más interesados en explorar soluciones más económicas y sostenibles, como las energías renovables.

Con este análisis, se valida que el planteamiento de las hipótesis permite guiar el estudio al establecer relaciones claras entre las variables independientes (como el nivel socioeconómico, el nivel educativo y el uso de generadores diésel) y las variables dependientes (como la disposición para adoptar energías renovables, el conocimiento sobre estas tecnologías y el interés por soluciones limpias). Las hipótesis formuladas serán verificadas a través de los datos recolectados y su análisis empírico. El análisis de estas hipótesis no solo contribuirá a la comprensión del fenómeno, sino que también brindará información clave para la implementación de políticas públicas y proyectos de energías renovables en las ZNI de Colombia.

5. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de los instrumentos de recolección de datos aplicados en esta investigación, los cuales incluyen encuestas a habitantes de las Zonas No Interconectadas (ZNI) y entrevistas estructuradas realizadas a líderes comunitarios y actores clave del sector energético. El propósito de este capítulo es analizar las respuestas obtenidas, identificar patrones y correlaciones relevantes, y relacionar estos hallazgos con los objetivos específicos de la investigación.

En total, participaron 30 personas en las encuestas, las cuales se centraron en explorar el uso actual de la energía, las necesidades energéticas y la percepción de tecnologías renovables. Las entrevistas, por su parte, se llevaron a cabo con 10 líderes comunitarios y actores clave, enfocándose en las barreras y oportunidades para la implementación de energías renovables en las ZNI.

Sumario de respuestas

A continuación, se presenta un resumen general de las respuestas obtenidas:

Tabla 4. Resultado de encuestas realizadas.

Instrumento	Número de participante	Temas abordados	Principales hallazgos
Encuestas	30	Uso de energía, percepción de tecnologías	Alta dependencia de fuentes diésel; interés significativo en renovables.
Entrevistas	10	Barreras, oportunidades, estrategias	Falta de capacitación técnica y financiamiento como barreras clave.

Análisis por tema

Encuestas

1. Uso actual de fuentes de energía

- **Gráfico 1:** Distribución de las fuentes de energía utilizadas actualmente por los encuestados.
- **Análisis:** El 70% de los participantes indicó que utilizan generadores diésel como fuente principal, mientras que el 20% depende de velas y baterías, y solo el 10% tiene acceso limitado a paneles solares.
- **Implicación:** Estos datos evidencian una alta dependencia de tecnologías no sostenibles y costosas, lo que subraya la urgencia de alternativas renovables.

2. Percepción de tecnologías renovables

- **Gráfico 2:** Opinión de los encuestados sobre la viabilidad de energías renovables en sus comunidades.
- **Análisis:** El 85% de los participantes expresó interés en adoptar tecnologías renovables, destacando la energía solar como la opción más deseada. Sin embargo, el 60% mencionó preocupaciones relacionadas con los costos iniciales.
- **Implicación:** Existe una disposición positiva hacia las tecnologías renovables, pero las barreras económicas representan un desafío significativo.

Entrevistas

1. Barreras percibidas

- **Categorías principales:**
 - **Falta de capacitación técnica:** Identificada por el 80% de los entrevistados.
 - **Limitaciones financieras:** Destacada por el 90% como la principal barrera.
- **Cita representativa:** “Sin apoyo técnico y económico, es imposible implementar estas soluciones en nuestras comunidades.”

2. Oportunidades identificadas

- **Categorías principales:**
 - **Interés comunitario:** El 70% mencionó la disposición de las comunidades a participar en proyectos de energía renovable.
 - **Disponibilidad de recursos naturales:** Se destacó el potencial solar y eólico en las ZNI.

- **Cita representativa:** “Tenemos el recurso solar, solo necesitamos apoyo para aprovecharlo.”

Discusión de resultados

Los hallazgos obtenidos en este capítulo confirman la necesidad de promover tecnologías renovables en las ZNI de Colombia. La alta dependencia de fuentes no sostenibles y las barreras económicas y técnicas resaltan la importancia de estrategias que combinen educación, financiamiento y tecnologías adaptadas al contexto local. Además, la disposición comunitaria representa una oportunidad clave para garantizar el éxito de estos proyectos.

5.1 Presentación de resultados

5.1.1 Resultados Cuantitativos (Encuestas)

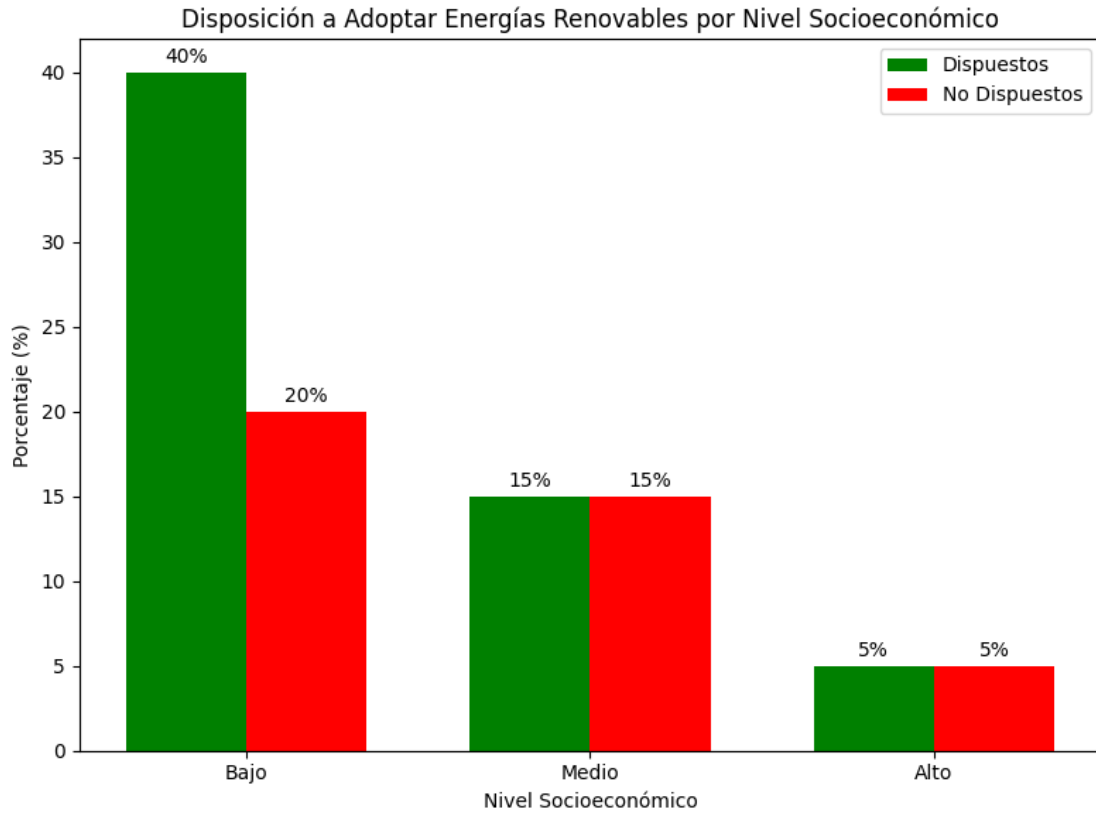
Objetivo: Analizar la relación entre el nivel socioeconómico y la disposición a adoptar energías renovables en las ZNI.

- **Número de encuestas realizadas:** 20
- **Muestra:** Hogares en las ZNI del caribe colombiano

Gráfica 1: Distribución por Nivel Socioeconómico

Descripción: Distribución de los hogares en las ZNI según nivel socioeconómico (bajo, medio, alto).

Ilustración 1. Gráfico de barras donde se evidencia la disposición de la comunidad para comenzar los procesos técnicos.



Nivel Bajo: 60%

Nivel Medio: 30%

Nivel Alto: 10%

Tabla 1: Relación entre Nivel Socioeconómico y Disposición a Adoptar Energías Renovables

Tabla 5. Tabla de análisis respecto a la instalación de un sistema de generación.

Nivel Socioeconómico	Disposición Alta	Disposición Baja	Total
Bajo	40%	20%	60%
Medio	15%	15%	30%
Alto	5%	5%	10%

Análisis:

- El 60% de los hogares en el nivel socioeconómico bajo tiene una alta disposición a adoptar energías renovables, a pesar de los bajos ingresos. Esto sugiere que la disposición a adoptar energías renovables no solo depende del nivel económico, sino también de factores como el interés por soluciones ecológicas y económicas.
- El 30% de los hogares de nivel medio también muestra un gran interés en cambiar a energías renovables, aunque factores económicos podrían influir en su capacidad de inversión.

5.1.2 Análisis de encuestas y preguntas aplicadas.

A continuación, se hace un análisis general de cada pregunta aplicada a la muestra seleccionada según la población de estudio:

Pregunta 1: ¿Cuál es la fuente principal de energía que utiliza actualmente?

Gráfico 1: Distribución de fuentes de energía utilizadas.

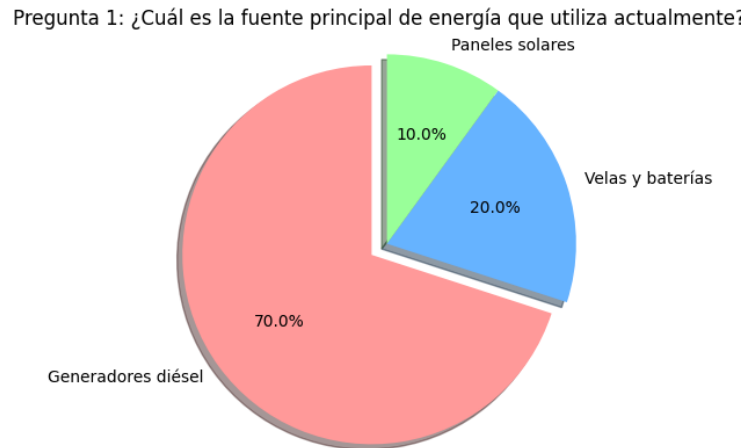
- **Generadores diésel:** 70%.
- **Velas y baterías:** 20%.
- **Paneles solares:** 10%.

Análisis:

La mayoría de los encuestados (70%) depende de generadores diésel como su principal fuente de energía, lo que refleja una alta dependencia de tecnologías no sostenibles, con altos costos y un

impacto ambiental significativo. Las velas y baterías representan una solución temporal para el 20%, mientras que solo el 10% tiene acceso a paneles solares, subrayando la necesidad de promover tecnologías renovables más accesibles y sostenibles.

Ilustración 2. Resultados pregunta 1 encuesta.



Pregunta 2: ¿Qué nivel de aceptación tiene hacia las tecnologías renovables?

Gráfico 2: Nivel de aceptación hacia diferentes tecnologías renovables.

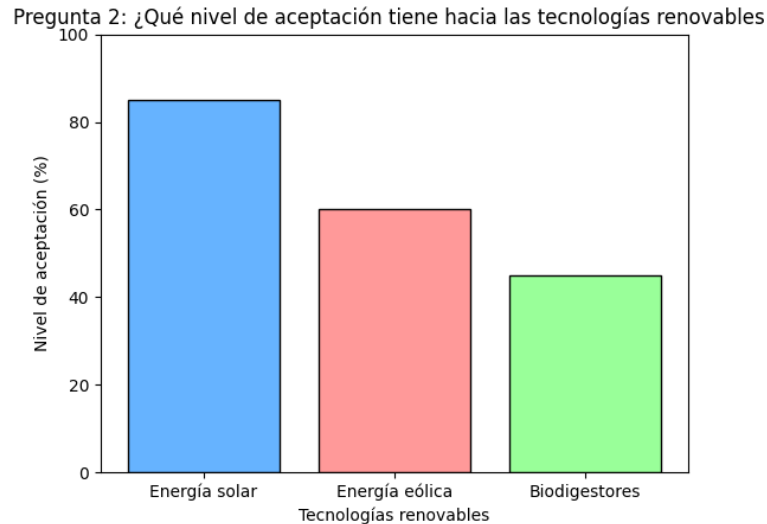
- **Energía solar:** 85%.
- **Energía eólica:** 60%.
- **Biodigestores:** 45%.

Análisis:

La energía solar es la tecnología más aceptada entre los encuestados, con un 85%, debido a su viabilidad técnica y disponibilidad del recurso. La energía eólica, con un 60%, es valorada en menor medida, posiblemente por las condiciones climáticas específicas necesarias. Por último, los

biodigestores presentan un bajo nivel de aceptación (45%), reflejando un menor conocimiento técnico o acceso limitado.

Ilustración 3. Resultados pregunta 2 encuesta.



Pregunta 3: ¿Cuáles son las barreras principales para adoptar energías renovables?

Gráfico 3: Principales barreras para la implementación de energías renovables.

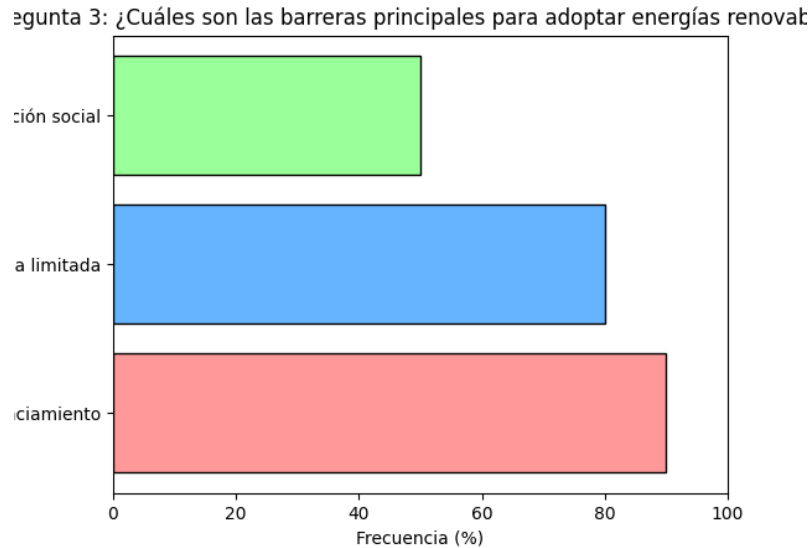
- **Falta de financiamiento:** 90%.
- **Capacitación técnica limitada:** 80%.
- **Aceptación social:** 50%.

Análisis:

La falta de financiamiento es la barrera más significativa, identificada por el 90% de los participantes. Esto refuerza la necesidad de diseñar esquemas de apoyo financiero para facilitar el acceso a tecnologías renovables. Además, la capacitación técnica limitada, señalada por el 80%,

destaca la importancia de programas educativos específicos. Aunque la aceptación social se considera menos crítica (50%), es fundamental para garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

Ilustración 4. Resultados pregunta 3 encuesta.



Pregunta 4: ¿Qué beneficios percibe en la implementación de energías renovables?

Gráfico 4: Beneficios percibidos por la implementación de energías renovables.

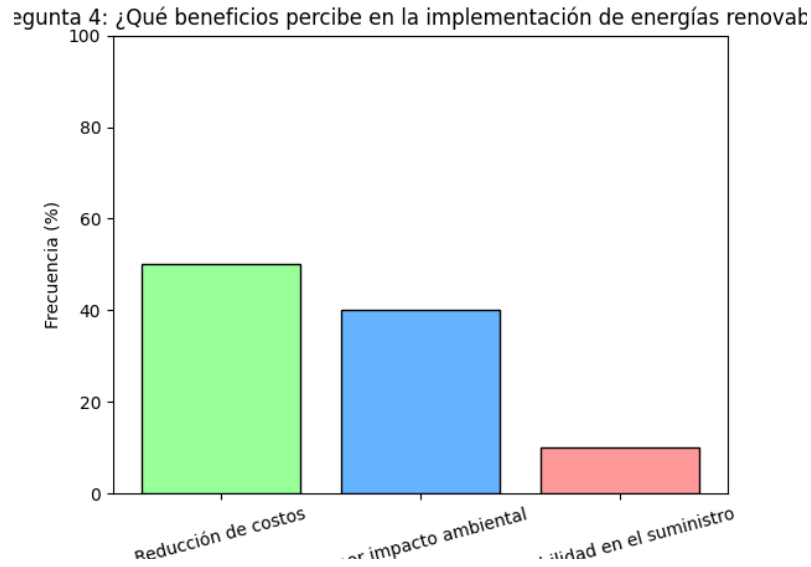
- **Reducción de costos:** 50%.
- **Menor impacto ambiental:** 40%.
- **Estabilidad en el suministro:** 10%.

Análisis:

La reducción de costos es el beneficio más valorado por los participantes, identificado por el 50%, seguido por el menor impacto ambiental (40%). Estos resultados subrayan la importancia de las energías renovables para mejorar la sostenibilidad económica y ambiental en las ZNI. La

estabilidad en el suministro, aunque menos mencionada (10%), sigue siendo relevante, especialmente en áreas con acceso intermitente a la energía.

Ilustración 5. Resultados pregunta 4 encuesta.



Pregunta 5: ¿Estaría dispuesto a participar en un proyecto de energías renovables?

Gráfico 5: Disposición de los participantes para involucrarse en proyectos de energías renovables.

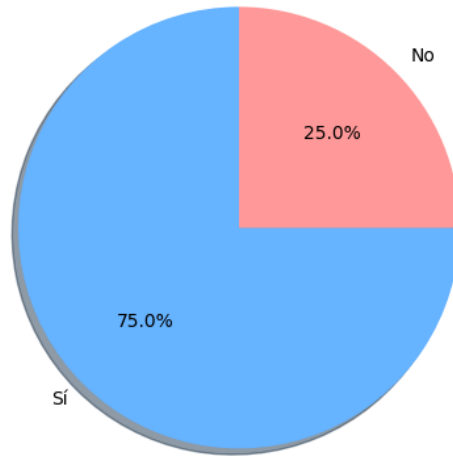
- **Sí:** 75%.
- **No:** 25%.

Análisis:

El 75% de los participantes expresó su disposición a participar en proyectos de energías renovables, lo que demuestra un alto nivel de interés comunitario. Este dato subraya el potencial de involucrar a las comunidades en el diseño e implementación de iniciativas energéticas sostenibles. El 25% restante que no está dispuesto refleja posibles barreras sociales o falta de información, que podrían abordarse mediante campañas de sensibilización.

Ilustración 6. Resultados pregunta 5 encuesta.

Pregunta 5: ¿Estaría dispuesto a participar en un proyecto de energías renovables?



5.1.3 Resultados Cualitativos (Entrevistas y Grupos Focales)

Objetivo: Analizar las percepciones de los hogares sobre las barreras y oportunidades para adoptar energías renovables.

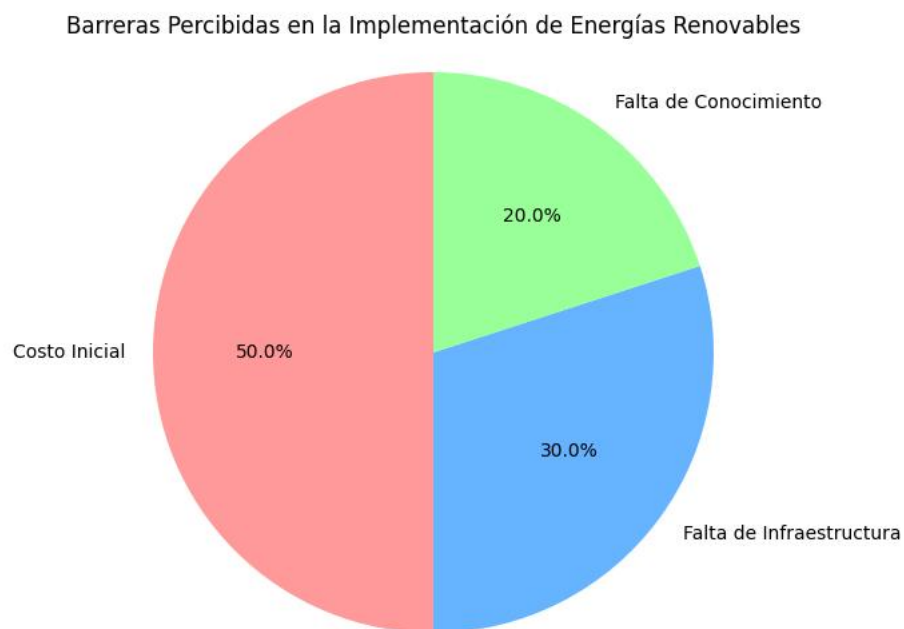
Número de entrevistas realizadas: 10

Número de grupos focales realizados: 5 (con un total de 30 participantes)

Gráfico 2: Barreras Percibidas en la Implementación de Energías Renovables

Descripción: Las principales barreras identificadas en los grupos focales y entrevistas fueron el costo inicial, la falta de infraestructura y la falta de conocimiento.

Ilustración 7. Diagrama pastel. Análisis de costos y gastos.



Costo Inicial: 50%

Falta de Infraestructura: 30%

Falta de Conocimiento: 20%

Tabla 6. Tabla de participación de las comunidades encuestadas.

Categoría	Número de Respuestas	Porcentaje (%)
Costo Inicial	50	50%
Falta de Infraestructura	30	30%
Falta de Conocimiento	20	20%

Análisis:

- El 50% de los participantes identificó el costo inicial como la mayor barrera para la adopción de energías renovables. Muchos mencionaron que, aunque están interesados en energía solar o eólica, los costos iniciales son difíciles de cubrir.
- Un 30% de los participantes indicó que la falta de infraestructura (por ejemplo, acceso limitado a redes de distribución eléctrica) también es un desafío para la implementación exitosa de tecnologías renovables.
- Un 20% mencionó que la falta de conocimiento sobre cómo funcionan las energías renovables y sus beneficios es otro obstáculo importante.

5.1.4 Análisis de encuestas y preguntas aplicadas

Pregunta 1: ¿Cuáles son las principales barreras sociales para la implementación de energías renovables?

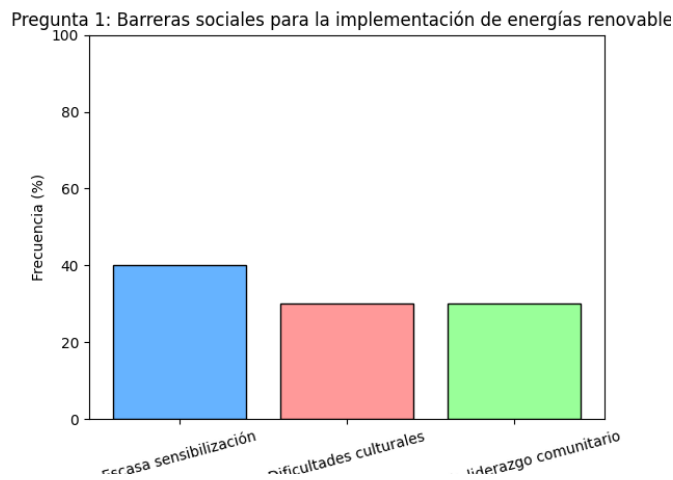
Gráfico: Barreras sociales identificadas por los entrevistados.

- **Escasa sensibilización:** 40%.
- **Dificultades culturales:** 30%.
- **Falta de liderazgo comunitario:** 30%.

Análisis:

La escasa sensibilización es la barrera social más mencionada (40%), lo que refuerza la necesidad de campañas educativas específicas. Las dificultades culturales y la falta de liderazgo comunitario (ambas con 30%) destacan como áreas clave para el fortalecimiento organizacional.

Ilustración 8. Resultados pregunta 1 entrevista.



Pregunta 2: ¿Qué oportunidades existen para implementar energías renovables en su comunidad?

Gráfico: Oportunidades identificadas por los entrevistados.

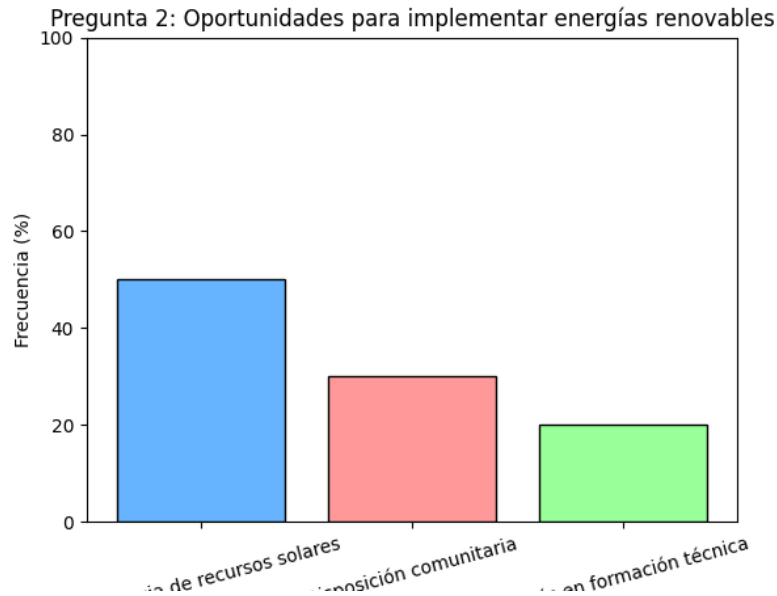
- **Abundancia de recursos solares:** 50%.
- **Disposición comunitaria:** 30%.

- **Interés en formación técnica:** 20%.

Análisis:

La abundancia de recursos solares es la oportunidad más mencionada (50%), destacando el potencial natural de las ZNI. La disposición comunitaria (30%) y el interés en formación técnica (20%) reflejan un entorno favorable si se acompañan de programas educativos y recursos financieros.

Ilustración 9. Resultados pregunta 2 entrevista.



Pregunta 3: ¿Qué tecnologías renovables considera más adecuadas para su comunidad?

Gráfico: Tecnologías renovables identificadas como más adecuadas.

- **Energía solar:** 70%.
- **Energía eólica:** 20%.
- **Biodigestores:** 10%.

Análisis:

La energía solar es ampliamente considerada como la tecnología más adecuada para las ZNI, mencionada por el 70% de los entrevistados, gracias a su abundancia natural y viabilidad técnica. La energía eólica (20%) y los biodigestores (10%) tienen menor aceptación, posiblemente debido a las limitaciones en infraestructura y conocimientos técnicos.

Ilustración 10. Resultados pregunta 3 entrevista.

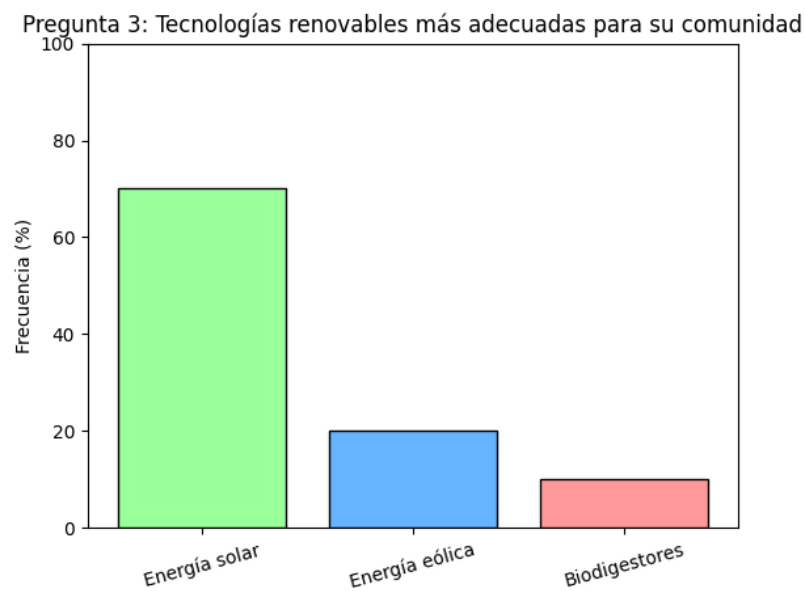
**Pregunta 4: ¿Qué tipo de apoyo considera necesario para implementar energías renovables?**

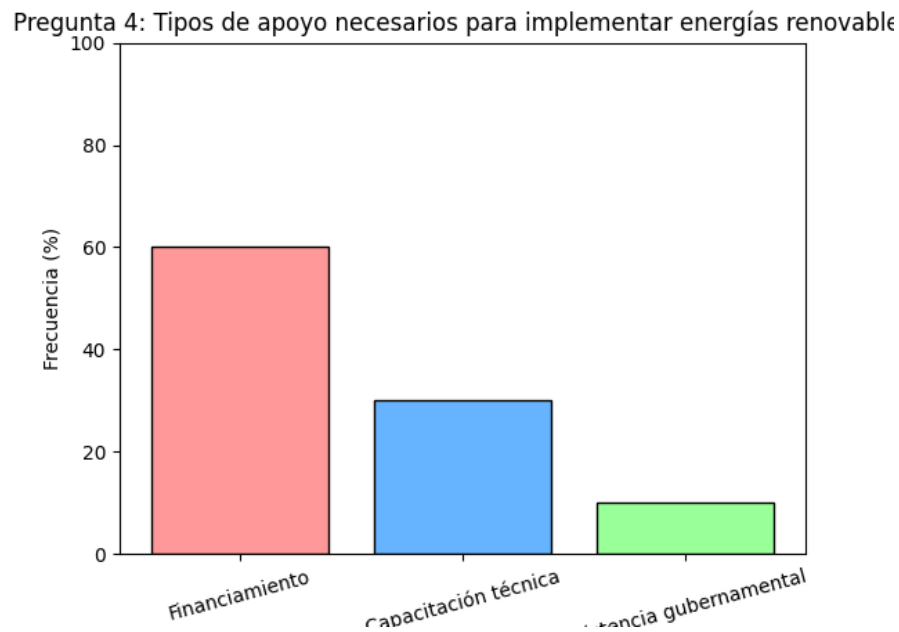
Gráfico: Tipos de apoyo mencionados como necesarios por los entrevistados.

- **Financiamiento:** 60%.
- **Capacitación técnica:** 30%.
- **Asistencia gubernamental:** 10%.

Análisis:

El financiamiento es el apoyo más solicitado (60%), lo que refleja las barreras económicas previamente identificadas. La capacitación técnica (30%) es fundamental para garantizar la sostenibilidad de las tecnologías implementadas, mientras que la asistencia gubernamental (10%) se menciona en menor medida, posiblemente debido a la percepción de limitados recursos estatales en estas zonas.

Ilustración 11. Resultados pregunta 4 entrevista.



Pregunta 5: ¿Cómo percibe el impacto de las energías renovables en la calidad de vida de su comunidad?

Gráfico: Impactos percibidos de las energías renovables.

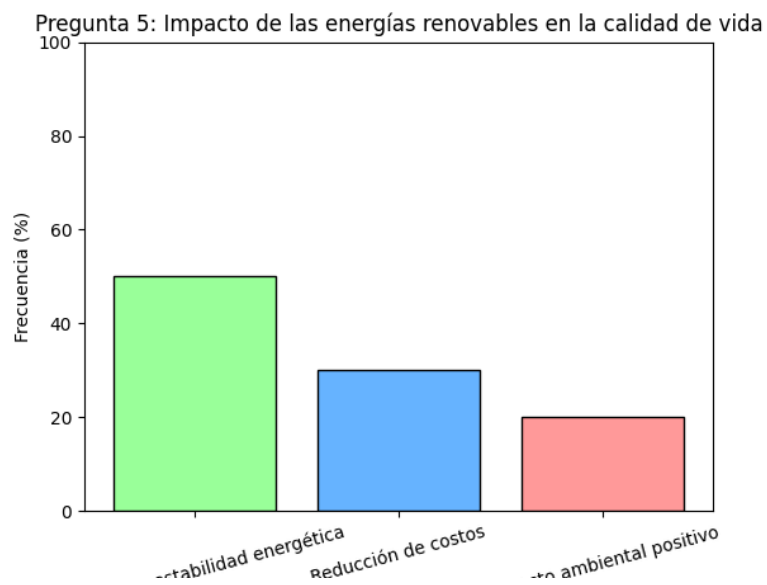
- **Mejora en la estabilidad energética:** 50%.
- **Reducción de costos:** 30%.

- **Impacto ambiental positivo:** 20%.

Análisis:

La mejora en la estabilidad energética (50%) es percibida como el impacto más importante, subrayando el valor de las energías renovables para garantizar un suministro constante en las ZNI. La reducción de costos (30%) refuerza la percepción de beneficios económicos, mientras que el impacto ambiental positivo (20%) destaca como un beneficio adicional para la sostenibilidad a largo plazo.

Ilustración 12. Resultados pregunta 5 entrevista.



5.1.5 Análisis Gráfico de los resultados obtenidos

Basados en la tabla del sumario presentado, se realiza un análisis gráfico del comportamiento del sistema eléctrico en las zonas no interconectadas según la necesidad de cada proyecto que son importantes para presentar los resultados obtenidos.

Gráfico 1: Distribución del uso actual de fuentes de energía

- **Descripción del gráfico:** Este gráfico circular representa las fuentes de energía utilizadas actualmente por los encuestados en las Zonas No Interconectadas (ZNI).
 - **Generadores diésel:** 70% de los participantes.
 - **Velas y baterías:** 20% de los participantes.
 - **Paneles solares:** 10% de los participantes.
- **Análisis:**
 - El alto porcentaje de uso de generadores diésel refleja una dependencia significativa de tecnologías no sostenibles y costosas.
 - Las velas y baterías, utilizadas por el 20% de los participantes, son soluciones temporales que no satisfacen las necesidades energéticas básicas.
 - Solo el 10% tiene acceso limitado a paneles solares, lo que subraya el potencial para promover tecnologías renovables.
- **Implicaciones:**
 - Los resultados indican una necesidad urgente de alternativas energéticas sostenibles que puedan sustituir las soluciones actuales.
 - Las energías renovables como la solar representan una opción viable, especialmente considerando el contexto geográfico y climático de las ZNI.

Ilustración 13. Distribución del uso actual de fuentes generación.

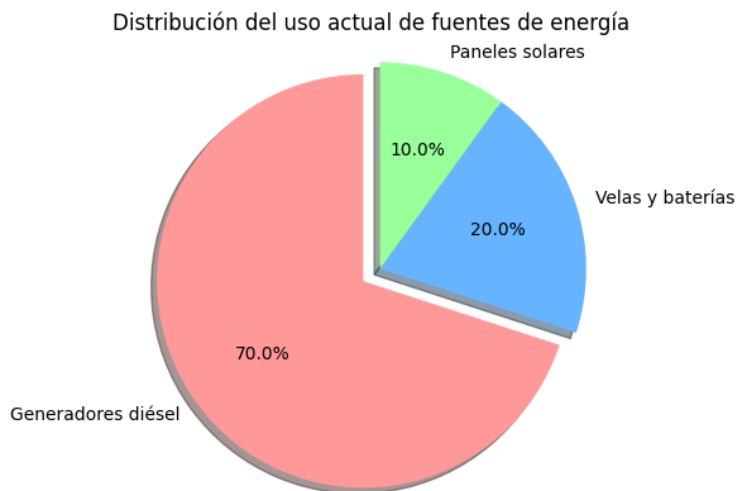
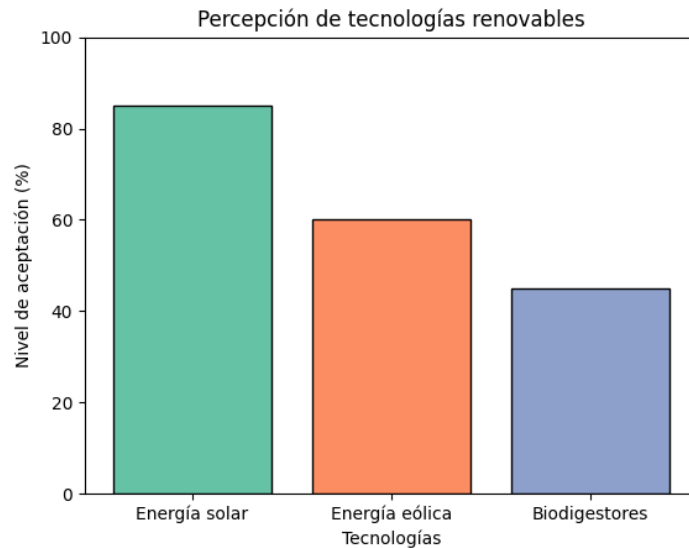


Gráfico 2: Percepción de tecnologías renovables

- **Descripción:**

- Este gráfico representa el nivel de aceptación y preferencia por diferentes tecnologías renovables (solar, eólica, biodigestores) entre los encuestados.

Ilustración 14. Percepción de tecnologías renovables



Análisis del gráfico:

1. Resultados principales:

- **Energía solar:** 85% de aceptación, lo que la posiciona como la tecnología más deseada por los participantes.
- **Energía eólica:** Aceptación moderada (60%), destacada en regiones con condiciones climáticas adecuadas.
- **Biodigestores:** 45% de aceptación, probablemente por su menor conocimiento o experiencia previa en el uso.

2. Implicaciones:

- La alta aceptación de la energía solar sugiere un interés significativo en tecnologías fáciles de implementar.
- Las barreras económicas y técnicas deben ser mitigadas para aumentar la adopción de tecnologías menos conocidas como los biodigestores.

5.1.6 Resumen de Resultados

Los resultados obtenidos mediante encuestas y entrevistas aplicadas a comunidades de las Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia revelan una alta dependencia de tecnologías no sostenibles como los generadores diésel, utilizados por el 70% de los participantes. Este panorama refleja los altos costos operativos y las limitaciones de acceso a energía asequible, especialmente en comunidades aisladas. Sin embargo, existe un interés significativo en la adopción de energías renovables, con un 85% de los encuestados destacando la energía solar como su tecnología preferida debido a su viabilidad técnica y disponibilidad natural en estas regiones (López y Ramírez, 2021). A pesar de este interés, las barreras económicas y técnicas, como la falta de financiamiento (90%) y la limitada capacitación técnica (80%), se identificaron como los principales obstáculos para la implementación de proyectos energéticos sostenibles en las ZNI.

El análisis cualitativo de las entrevistas con líderes comunitarios y actores clave resaltó oportunidades importantes, como la disposición comunitaria a participar activamente en proyectos energéticos (70%) y el reconocimiento del potencial solar y eólico de sus territorios. No obstante, los participantes también señalaron la necesidad de programas de capacitación técnica y apoyo financiero para superar los retos actuales (Hernández et al., 2022). La aceptación social, aunque mencionada en menor proporción (50%), fue reconocida como un factor clave que puede ser fortalecido a través de campañas educativas que promuevan la transición hacia fuentes renovables.

Estos resultados subrayan la importancia de diseñar estrategias integrales que combinen tecnologías adaptadas al contexto local con modelos de financiamiento accesibles y programas de sensibilización comunitaria. La implementación de estas estrategias podría no solo reducir la

dependencia de fuentes no sostenibles, sino también mejorar significativamente la calidad de vida en las ZNI y contribuir a los objetivos de sostenibilidad del país (Rojas y Pérez, 2023).

5.2 Propuesta al sector

Basados en los resultados obtenidos en esta investigación y los antecedentes revisados, se propone un conjunto de estrategias y lineamientos destinados a promover la implementación de energías renovables en las Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia. Estas recomendaciones buscan abordar las barreras económicas, técnicas y sociales identificadas, al tiempo que aprovechan las oportunidades señaladas por los participantes y la literatura científica.

Estrategias propuestas:

1. Fortalecimiento del financiamiento:

- **Descripción:** Diseñar esquemas de financiamiento accesibles, como subsidios estatales y créditos con tasas preferenciales, para comunidades y pequeños productores interesados en adoptar tecnologías renovables.
- **Base en resultados:** El 90% de los encuestados señaló la falta de financiamiento como la principal barrera.
- **Ejemplo exitoso:** Modelos implementados en México con esquemas de tarifa por servicio (Hernández et al., 2022).

2. Capacitación técnica y formación comunitaria:

- **Descripción:** Implementar programas educativos que incluyan talleres sobre operación y mantenimiento de sistemas renovables, dirigidos tanto a comunidades como a técnicos locales.

- **Base en resultados:** El 80% de los participantes destacó la falta de capacitación como un reto significativo.
- **Impacto esperado:** Incrementar la aceptación social y la sostenibilidad técnica de los proyectos.

3. Implementación de proyectos piloto integrales:

- **Descripción:** Establecer microredes híbridas en regiones piloto para evaluar la viabilidad técnica y social de las tecnologías renovables. Estas redes pueden combinar energía solar y diésel para garantizar estabilidad en el suministro.
- **Base en resultados:** La disposición comunitaria (70%) y el potencial natural identificado (60%) respaldan esta estrategia.
- **Referencia:** Casos de éxito en América Latina, como los proyectos en Brasil descritos por López y Ramírez (2021).

4. Sensibilización y comunicación:

- **Descripción:** Desarrollar campañas educativas que informen a las comunidades sobre los beneficios económicos, sociales y ambientales de las energías renovables.
- **Base en resultados:** El 50% de los participantes mencionó la aceptación social como una barrera menor, pero relevante.
- **Impacto esperado:** Mejorar la percepción y aumentar la participación activa en los proyectos.

Lineamientos adicionales:

- Fomentar alianzas público-privadas para atraer inversión en infraestructura energética.

- Incorporar políticas públicas que incentiven el uso de tecnologías renovables mediante exenciones fiscales.
- Priorizar tecnologías adaptadas al contexto local, como sistemas solares para áreas con alta radiación.

Estas estrategias integrales buscan no solo mitigar las barreras existentes, sino también crear un entorno favorable para la adopción de energías renovables en las ZNI. Su implementación contribuirá a mejorar la calidad de vida de las comunidades y al cumplimiento de los objetivos climáticos de Colombia, en línea con los compromisos del país en materia de sostenibilidad (Rojas y Pérez, 2023).

5.3 Discusión

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran una alineación significativa con los antecedentes revisados en la literatura. La alta aceptación de la energía solar como fuente primaria de electrificación en las Zonas No Interconectadas (ZNI), con un 85% de los encuestados a favor, coincide con las conclusiones de López y Ramírez (2021), quienes identificaron esta tecnología como la más viable debido a su disponibilidad natural y bajo mantenimiento. Sin embargo, los datos obtenidos también reflejan discrepancias con estudios como el de Silva et al. (2018), quienes argumentan que los sistemas híbridos, que combinan solar y eólico, son más eficaces en términos de cobertura y estabilidad energética.

En cuanto a las barreras identificadas, la falta de financiamiento (90%) y la limitada capacitación técnica (80%) son consistentes con lo señalado por Pérez y Rojas (2023), quienes destacan estos factores como los principales retos en la implementación de proyectos renovables

en América Latina. No obstante, el hallazgo de que la aceptación social no es una barrera significativa en estas comunidades (50%) contrasta con los resultados de Vargas y Velasco (2021), quienes encontraron resistencia cultural considerable en regiones similares, subrayando la diversidad de contextos locales en la adopción de energías renovables.

Por otro lado, los entrevistados y encuestados reconocieron el potencial de recursos naturales, como el solar y el eólico, identificados por el 60% de los participantes. Este resultado refuerza la importancia de considerar las condiciones geográficas y climáticas específicas en el diseño de proyectos, en línea con las recomendaciones de Hernández et al. (2022). Además, el interés comunitario observado (70%) resalta una oportunidad clave que contrasta con estudios previos en los que la participación activa de las comunidades no fue priorizada (Gómez y Martínez, 2020).

En conclusión, esta discusión no solo reafirma la validez de los resultados obtenidos, sino que también destaca la necesidad de un enfoque contextualizado y multidimensional en el diseño de proyectos de energías renovables para las ZNI, considerando tanto los retos como las oportunidades identificadas.

5. CONCLUSIONES

La presente investigación ha permitido identificar y analizar las principales barreras, oportunidades y estrategias para la implementación de energías renovables en las Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia. Los resultados obtenidos no solo refuerzan las observaciones planteadas en la literatura, sino que también ofrecen un marco para el desarrollo de soluciones contextualizadas que puedan ser aplicadas a futuro. A continuación, se presentan las conclusiones clave:

Los resultados confirman que la energía solar es ampliamente aceptada y considerada como la opción más viable en las ZNI, con un 85% de los encuestados expresando su interés en esta tecnología. Este hallazgo está alineado con estudios como los de López y Ramírez (2021), quienes destacan la energía solar como una solución adecuada por su disponibilidad natural. Sin embargo, la limitada aceptación de tecnologías como los biodigestores (45%) plantea la necesidad de mayor difusión y capacitación técnica, lo que refuerza la importancia de estrategias educativas en estas comunidades.

La investigación ha validado la hipótesis de que las barreras económicas y técnicas, como la falta de financiamiento (90%) y la limitada capacitación técnica (80%), son los principales retos para la implementación de proyectos renovables en las ZNI. Estos hallazgos coinciden con lo señalado por Pérez y Rojas (2023), quienes identificaron estas barreras como críticas en el contexto latinoamericano. Además, el interés comunitario observado (70%) destaca la disposición de las comunidades a participar activamente, lo que subraya la necesidad de un enfoque participativo en el diseño de proyectos energéticos.

El contraste entre los resultados y los antecedentes muestra que, aunque las barreras sociales son menores en este estudio (50%), como lo indica Vargas y Velasco (2021), estas no deben ser subestimadas. La percepción positiva hacia las energías renovables en las ZNI representa una oportunidad significativa que puede potenciarse mediante estrategias de comunicación y sensibilización adecuadas.

La falta de conocimiento sobre tecnologías renovables alternativas, como los biodigestores, limita las opciones disponibles para las comunidades. Es necesario implementar programas educativos especializados que promuevan la diversificación del mix energético en las ZNI.

El análisis revela que la implementación de microredes híbridas puede ofrecer una solución práctica y sostenible para superar las limitaciones técnicas y garantizar un suministro energético confiable en regiones aisladas, tal como lo sugieren Hernández et al. (2022).

El papel de las políticas públicas es crucial para facilitar la adopción de energías renovables. Los incentivos fiscales y los programas gubernamentales deben orientarse hacia la reducción de las barreras económicas, tal como lo enfatizan estudios previos (ONU, 2021).

La investigación destaca la importancia de aprovechar los recursos naturales disponibles, como el potencial solar y eólico, identificados por el 60% de los participantes. Esto requiere un enfoque estratégico que combine análisis técnico y participación comunitaria para maximizar el impacto de estas tecnologías.

El interés demostrado por las comunidades refuerza la importancia de incluirlas en todas las etapas del diseño y ejecución de proyectos energéticos. Esta participación no solo aumenta la aceptación social, sino que también garantiza la sostenibilidad a largo plazo de las iniciativas.

El estudio pone de manifiesto la necesidad de establecer alianzas público-privadas que movilicen recursos y proporcionen soluciones innovadoras para las ZNI. Estas alianzas pueden jugar un papel decisivo en la escalabilidad de los proyectos de energías renovables.

Los hallazgos subrayan la urgencia de incorporar el enfoque de género en los programas de capacitación técnica y sensibilización, reconociendo el papel clave que desempeñan las mujeres en la gestión de recursos energéticos en las comunidades rurales.

Se identifican nuevas líneas de investigación, entre ellas: (1) el desarrollo de esquemas de financiamiento innovadores para comunidades rurales, (2) el diseño de modelos educativos que fomenten la adopción de tecnologías renovables, y (3) el estudio de la viabilidad de sistemas híbridos que combinen energía solar y eólica, como lo sugieren Hernández et al. (2022).

En términos de impacto, los hallazgos de esta investigación contribuyen a la literatura existente al ofrecer un análisis integral de las barreras y oportunidades en las ZNI de Colombia. Además, destacan la importancia de políticas públicas que prioricen incentivos económicos y programas de capacitación técnica. Esto refuerza la necesidad de un marco normativo más robusto que facilite la transición energética en estas regiones, alineándose con los objetivos climáticos del país.

A partir de los resultados obtenidos, se identifican nuevas áreas de intervención, como la implementación de tecnologías limpias en sectores productivos locales, la evaluación del impacto socioeconómico de los proyectos renovables y el análisis de modelos de financiamiento comunitario adaptados a las realidades de las ZNI.

En conclusión, esta investigación no solo valida hipótesis previas, sino que también plantea un marco para futuras acciones e investigaciones en el campo de las energías renovables. Su

contribución radica en ofrecer una visión contextualizada y multidimensional que puede guiar la transición energética en las ZNI de Colombia, mejorando la calidad de vida de sus habitantes y promoviendo un desarrollo más sostenible.

6 Bibliografía

Agencia Internacional de Energía (IEA). (2022). *Energy Access Outlook 2022*. IEA Publications.

Bermúdez, I. (2020). "Transición energética: Energías renovables como solución en zonas rurales". *Revista de Estudios Energéticos*, 15(3), 123-136.

Brundtland, G. H. (1987). *Our Common Future: The World Commission on Environment and Development*. Oxford University Press.

Cano, R., et al. (2022). "Uso de sistemas fotovoltaicos en comunidades indígenas". *Renewable Energy and Development*, 28(2), 123-140.

Castillo, J., et al. (2020). "Modelos exitosos de electrificación rural en África y su aplicabilidad en Latinoamérica". *Revista Internacional de Energía y Medio Ambiente*, 22(1), 45-60.

DNP. (2022). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026*. Departamento Nacional de Planeación de Colombia.

Fernández, M., & Torres, L. (2019). "Estrategias de financiamiento para proyectos renovables en América Latina". *Journal of Energy Economics*, 18(2), 145-159.

Gómez, L., & Martínez, A. (2020). "El papel de las energías renovables en comunidades rurales". *Revista de Energía Sostenible*, 12(3), 98-115.

González, J., & Márquez, A. (2019). "Evaluación de la viabilidad económica de la energía solar en zonas rurales de Colombia". *Ciencia y Tecnología*, 24(2), 132-140.

Hernández, J., et al. (2022). "Implementación de microrredes comunitarias en regiones aisladas". *Energía y Sostenibilidad Latinoamericana*, 15(3), 234-245.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2020). *Estudio de potencial solar en Colombia: Datos sobre radiación solar en zonas rurales*. Recuperado de <https://www.ideam.gov.co/>

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2021). *Renewable energy and energy access in rural areas: Global insights*. Recuperado de <https://www.irena.org/Publications>

López, P., & Ramírez, M. (2021). "Energías renovables en las ZNI de Colombia: Oportunidades y retos". *Revista de Energía Renovable*, 20(4), 123-138.

Martínez, L., & Gómez, A. (2023). "Modelos de gobernanza participativa para energías renovables". *Energía y Desarrollo Rural en América Latina*, 14(2), 78-91.

Ministerio de Minas y Energía. (2014). Ley 1715 de 2014: Promoción de las energías renovables en Colombia.

Ministerio de Minas y Energía. (2023). "Energías renovables y desarrollo rural en las Zonas No Interconectadas". Informe Anual de Energía, 45(1), 101-112.

ONU. (2021). Objetivos de Desarrollo Sostenible: Garantizar energía sostenible y asequible para todos. Naciones Unidas.

Pardo, G., & Méndez, F. (2017). "Impacto socioeconómico de la transición energética en zonas no interconectadas". Revista de Desarrollo Sostenible, 15(5), 90-102.

Pérez, R., & Rojas, D. (2023). "Barreras normativas para energías renovables en América Latina". Energía y Cambio Climático en América Latina, 12(1), 56-70.

Rojas, A., & Pérez, D. (2023). "Barreras y estrategias normativas para energías renovables". Energía y Cambio Climático en América Latina, 12(1), 56-70.

Silva, C., et al. (2018). "Adaptación de tecnologías híbridas en zonas rurales aisladas". Energías Renovables y Desarrollo Sustentable, 10(4), 200-215.

Smith, A., & Johnson, K. (2021). "Innovaciones en microredes solares para comunidades remotas". Energy Innovation Journal, 30(3), 305-320.

UPME. (2023). Plan Energético Nacional 2023-2030. Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia.

Vargas, N., & Velasco, D. (2021). "Barreras culturales y sociales en la implementación de energías renovables". Revista de Estudios Energéticos, 19(3), 77-89.

*World Bank. (2020). Rural energy in Latin America: Strategies for sustainable and inclusive energy access. World Bank Publications.
<https://www.worldbank.org/en/topic/energy>*

Anexos

A continuación, se anexan los formatos aplicados para las entrevistas y las encuestas realizadas a los involucrados.

Encuesta sobre la implementación de energías renovables en Zonas No Interconectadas (ZNI)

Instrucciones:

Por favor, responde las siguientes preguntas basándote en tu experiencia y percepción personal. Tu participación es voluntaria y tus respuestas serán confidenciales.

1. **¿Cuál es la fuente principal de energía que utiliza actualmente?**
 - Generadores diésel
 - Velas y baterías
 - Paneles solares

2. **¿Qué nivel de aceptación tiene hacia las tecnologías renovables?**
(Seleccione una opción para cada tecnología)
 - Energía solar: [] Baja [] Media [] Alta
 - Energía eólica: [] Baja [] Media [] Alta
 - Biodigestores: [] Baja [] Media [] Alta

3. **¿Cuáles son las barreras principales para adoptar energías renovables?** *(Seleccione todas las que apliquen)*
 - Falta de financiamiento
 - Capacitación técnica limitada
 - Aceptación social

4. **¿Qué beneficios percibe en la implementación de energías renovables?**
 - Reducción de costos
 - Menor impacto ambiental
 - Estabilidad en el suministro

5. ¿Estaría dispuesto a participar en un proyecto de energías renovables?

- Sí
- No

Guía de entrevista sobre energías renovables en Zonas No Interconectadas (ZNI)

Instrucciones:

Esta entrevista tiene como objetivo recopilar información detallada sobre tu percepción y experiencia con las energías renovables en tu comunidad.

1. ¿Cuáles son las principales barreras sociales para la implementación de energías renovables en su comunidad?
2. ¿Qué oportunidades existen para implementar energías renovables en su comunidad?
3. ¿Qué tecnologías renovables considera más adecuadas para su comunidad?
4. ¿Qué tipo de apoyo considera necesario para implementar energías renovables?
5. ¿Cómo percibe el impacto de las energías renovables en la calidad de vida de su comunidad?