

RESEARCH ARTICLE

Estudio de factibilidad sobre el uso de energía renovables (solar y eólica) en las viviendas.

Manuel Morocho Amaguaya ¹  Myriam Paulina Naula Barros ¹ 

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador

✉ Correspondencia: mmorocho_a@esPOCH.edu.ec  + 593 0999308809

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj81209>

Resumen: El estudio tuvo como problemática la creciente preocupación mundial por el calentamiento global y las dependencias de fuentes de energía no renovables, lo que ha impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles tanto a nivel global como a nivel local. Es por esto que el estudio se lo realizó en Riobamba, una ciudad ubicada en la región interandina del Ecuador, en donde el consumo energético residencial depende de fuentes convencionales, lo que genera problemas como la resiliencia a crisis energéticas como la que pasa actualmente el país. En este sentido se realizó una investigación de tipo mixto, combinando enfoques cuantitativos y cualitativos; además, se usó un muestreo estratificado, el cual permitió seleccionar las 382 viviendas en función de variables geográficas y socioeconómicas. Cabe mencionar como resultado que se obtuvo que Riobamba presenta un gran potencial para la energía solar debido a su prolongada radiación solar, con un promedio de 41.55%. A pesar de la variabilidad, los sistemas fotovoltaicos son técnicamente viables y económicamente rentables, con ahorros mensuales entre \$2.2 y \$3.6 USD por kW instalado. La energía eólica, aunque menos eficiente por la baja velocidad del viento, podría ser complementaria en áreas específicas, como las faldas del Chimborazo. Para una adopción masiva de energías renovables, especialmente solar, se requieren políticas públicas que incluyan subsidios, financiamiento accesible y programas educativos, lo cual contribuiría a la sostenibilidad energética y ambiental en la ciudad.

Palabras claves: Factibilidad, energía renovable, solar, eólica, Riobamba.

Feasibility study on the use of renewable energy in homes in the city of Riobamba

Abstract: The study addressed the growing global concern over climate change and the dependence on non-renewable energy sources, which has driven the search for sustainable alternatives both globally and locally. This is why the study was conducted in Riobamba, a city located in the inter-Andean region of Ecuador, where residential energy consumption depends on conventional sources, leading to problems



Cita: Manuel, M. A., & Myriam Paulina, N. B. (2025). Estudio de factibilidad sobre el uso de energía renovables (solar y eólica) en las viviendas. Green World Journal, 08(01), 209. <https://doi.org/10.53313/gwj81209>

Received: 01/April/2025
Accepted: 17/April/2025
Published: 25/April/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution [CC BY].
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

such as resilience to energy crises like the one the country is currently experiencing. In this sense, a mixed-methods research was conducted, combining quantitative and qualitative approaches; additionally, a stratified sampling was used, which allowed for the selection of 382 households based on geographical and socioeconomic variables. It is worth mentioning as a result that it was found that Riobamba presents great potential for solar energy due to its prolonged solar radiation, with an average of 41.55%. Despite the variability, photovoltaic systems are technically viable and economically profitable, with monthly savings between \$2.2 and \$3.6 USD per installed kW. Wind energy, although less efficient due to the low wind speed, could be complementary in specific areas, such as the slopes of Chimborazo. For a massive adoption of renewable energies, especially solar, public policies are required that include subsidies, accessible financing, and educational programs, which would contribute to energy and environmental sustainability in the city.

Keywords: Feasibility, renewable energy, solar, wind, Riobamba.

1. Introducción

Desde el año 1973, la energía se ha convertido en una preocupación generalizada a nivel mundial. El aumento en la inquietud por los efectos del cambio climático, sumado a la urgencia de disminuir la dependencia de los combustibles fósiles, ha motivado el desarrollo y la adopción de fuentes de energía más sostenibles, tanto a nivel global como local [1]. Es en este contexto que las energías renovables se presentan como opciones viables para la transformación del sector residencial hacia un modelo energético más limpio y eficiente [2]. El creciente impacto del calentamiento global y la dependencia de fuentes de energía no renovables representan desafíos globales que también afectan a nivel local. En Riobamba, una ciudad ubicada en la región interandina de Ecuador, el consumo energético residencial depende mayoritariamente de fuentes convencionales, lo que genera problemas con el incremento de costo, emisiones de gases y una limitada resiliencia ante crisis energéticas [3]. Este panorama plantea la necesidad de explorar alternativas sostenibles, como el uso de energías renovables, para mitigar estos problemas y promover un desarrollo más equilibrado [3].

Entre las causas de esta problemática destaca la carencia de diversificación de las fuentes de energía en las viviendas, así como el desconocimiento de las capacidades locales para aprovechar recursos como el sol y el viento. Aunque Riobamba cuenta con condiciones climáticas propicias, como altos niveles de radiación solar y vientos estables, estas oportunidades no han sido plenamente explotadas debido a barreras técnicas, económicas y sociales [4]. La ausencia de estudios sobre la factibilidad de estas energías en la ciudad también limita la opción de tecnologías sostenibles en el ámbito residencial.

El desarrollo de energías renovables en las viviendas enfrenta varias limitaciones; entre estas se encuentran la falta de información técnica sobre el potencial local, los altos costos iniciales de la instalación, la escasa percepción de los beneficios a largo plazo y la posible resistencia cultural hacia tecnologías nuevas. Además, la adopción de estas energías requiere políticas públicas sólidas, programas de incentivos económicos y una educación ambiental que motive a la población a cambiar sus hábitos energéticos [5].

Este estudio es fundamental para justificar la importancia de las energías renovables en Riobamba, ya que no solo se enfoca en las soluciones técnicas, sino también en los aspectos sociales, culturales y económicos que determinan su éxito. La transición hacia fuentes de energía solar y eólica en las viviendas puede reducir la huella de carbono, fortalecer la economía local al reducir costos energéticos a largo plazo y posicionar a Riobamba como una ciudad comprometida con la sostenibilidad y el cuidado ambiental.

Los objetivos de esta investigación son evaluar la factibilidad técnica, económica y social del uso de energías solar y eólica en las viviendas de Riobamba. En primer lugar, se analizarán las características geográficas y climáticas de la ciudad para identificar las áreas con mayor potencial renovable. En segundo lugar, se estudiará la viabilidad económica y técnica de los sistemas de generación de energía renovable para hogares. De la misma manera se identificarán las barreras sociales y culturales que podrían dificultar la adopción de estas tecnologías y se propondrán estrategias para promover su aceptación.

2. Materiales y métodos

Este estudio se llevó a cabo mediante un enfoque mixto, combinando análisis cuantitativo y cualitativo con el objetivo de evaluar la factibilidad de la implementación de energías renovables en las viviendas de Riobamba. La investigación se desarrolló en dos fases principales: un análisis técnico y climático, y un análisis económico. Ambas fases permitieron obtener una visión integral sobre la viabilidad de estas tecnologías en la ciudad.

El análisis técnico y climático se realizó utilizando datos históricos de radiación solar y velocidad del viento, los cuales fueron obtenidos de estaciones meteorológicas locales, como la estación meteorológica de la ESPOCH. Estos datos proporcionaron información clave sobre el potencial de generación de energía solar y eólica en la zona urbana de Riobamba, permitiendo evaluar las condiciones climáticas necesarias para la implementación de sistemas de energía renovable en la región.

En cuanto al análisis económico, se desarrolló un análisis de las tecnologías disponibles en el mercado [solar y eólica]. El análisis incluyó la estimación de los costos de instalación, mantenimiento y operación de los sistemas, así como los beneficios potenciales y el retorno de inversión [ROI]. Se

consideraron los costos de instalación y mantenimiento de los sistemas, así como los ahorros a largo plazo.

Paralelamente, se llevó a cabo una encuesta estructurada dirigida a los habitantes de Riobamba para evaluar su percepción, conocimiento y disposición hacia la adopción de energías renovables. Esta encuesta incluyó preguntas sobre las barreras sociales y culturales que podrían influir en la aceptación de estas tecnologías.

Para asegurar la validez y confiabilidad del instrumento, se realizó una prueba piloto en un número reducido de viviendas, representando aproximadamente el 10% de la muestra total. Los resultados obtenidos de esta prueba piloto fueron analizados para llevar a cabo los ajustes necesarios en las preguntas y garantizar que los datos recolectados reflejen de manera precisa la percepción de los habitantes.

La población de este estudio estuvo constituida por las 122.991 viviendas de la ciudad de Riobamba [6]. Para garantizar la representatividad de los resultados, se utilizó un muestreo estratificado, segmentando la ciudad en diferentes estratos geográficos, socioeconómicos y de tipo de vivienda. La muestra total consistió en 382 viviendas seleccionadas de manera equilibrada para reflejar la diversidad geográfica y social de la población.

El muestreo estratificado permitió dividir la ciudad en cuatro zonas geográficas principales: norte, sur, este y oeste. Cada una de estas zonas se segmentó adicionalmente según tres niveles socioeconómicos [bajo, medio y alto] y dos tipos de viviendas predominantes [casas unifamiliares y departamentos]. Este enfoque garantizó que cada estrato estuviera adecuadamente representado en la muestra.

El proceso de selección de viviendas dentro de cada estrato fue aleatorio, lo que permitió asegurar que todas las áreas geográficas y socioeconómicas de la ciudad estuvieran adecuadamente cubiertas. Una vez seleccionadas las viviendas, se distribuyeron las encuestas a los hogares correspondientes, asegurando la participación de todos los grupos demográficos definidos en la muestra.

Los datos obtenidos de la encuesta fueron procesados mediante el uso de software estadístico especializado para llevar a cabo análisis descriptivos y comparativos. Esto permitió identificar patrones en las percepciones y actitudes de los habitantes hacia las energías renovables. Se realizó un análisis temático de los datos cualitativos para identificar tendencias y significados sobre las barreras culturales y sociales que pueden afectar la adopción de tecnologías renovables.

3. Resultados

Análisis técnico y climático de radiación solar y velocidad del viento

Los resultados del estudio técnico y climático fueron obtenidos utilizando los datos registrados por la estación meteorológica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, permiten evaluar el potencial de las fuentes renovables de energía en Riobamba. En el caso de la radiación solar, se analizaron los niveles promedio mensuales y anuales, mientras que para la velocidad del viento se consideraron las variaciones horarias y mensuales.

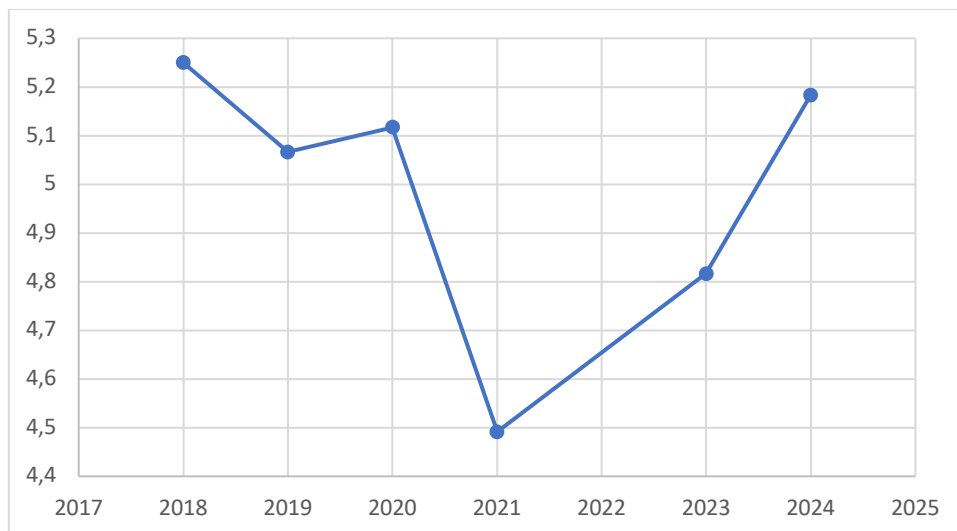
Tabla 1. Radiación solar

| | Horas De Sol | Media Hora De Sol | Media En Porcentaje |
|--------------------------|--------------|-------------------|---------------------|
| Suma De Horas De Sol | 10980 | 359,1 | 2992 |
| Meses De Datos | 72 | 72 | 72 |
| Media De Radiación Solar | 152,5 | 4,9875 | 41,55555556 |

El análisis de la radiación solar en Riobamba entre 2018 y 2024, basado en 72 meses de datos, revela un significativo potencial para aprovechar la energía solar, la suma de horas de sol durante este período alcanzó las 109 80 horas, con una media mensual de 359,1 horas. Esta consistencia en la radiación sugiere que los sistemas fotovoltaicos podrían ser una opción viable para satisfacer las necesidades energéticas de las viviendas en la ciudad.

Por otro lado, la media porcentual de radiación solar [41.55%] muestra que, aunque hay una buena cantidad de horas de sol disponibles, todavía hay periodos de nubosidad que reducen la eficiencia potencial de los sistemas solares. A pesar de ello, la constante disponibilidad de luz solar y la media de 4.98 horas de sol por día brindan una base sólida para la implementación de tecnologías solares, especialmente en sectores residenciales.

Gráfico 1. Horas de sol anuales



Nota. Información obtenida de estación meteorológica ESPOCH

El gráfico refleja el comportamiento de las horas de sol en Riobamba durante el periodo de 2018 a 2024, basado en los datos obtenidos de la estación meteorológica de la ESPOCH. La suma total de horas de sol durante los 72 meses de datos fue de 10,980 horas, con una media mensual de 359.1 horas y una media en porcentaje de radiación solar de 41.55%.

Este análisis muestra que, aunque Riobamba experimenta una cantidad significativa de horas de sol, su eficiencia de radiación solar no es constante, debido a la presencia de nubes y variabilidad climática. A pesar de la alta disponibilidad de luz solar [aproximadamente 5 horas diarias], los períodos de nubosidad reducen la efectividad de los sistemas fotovoltaicos. Por otro lado, este

patrón de radiación solar sigue sugiriendo que los sistemas fotovoltaicos podrían ser una opción viable para satisfacer las necesidades energéticas en la ciudad.

La variabilidad observada, especialmente con un promedio de radiación solar de 41.55%, resalta la importancia de considerar tanto la cantidad de horas solares como los factores climáticos en la planificación de energías renovables, especialmente en contextos urbanos como el de Riobamba.

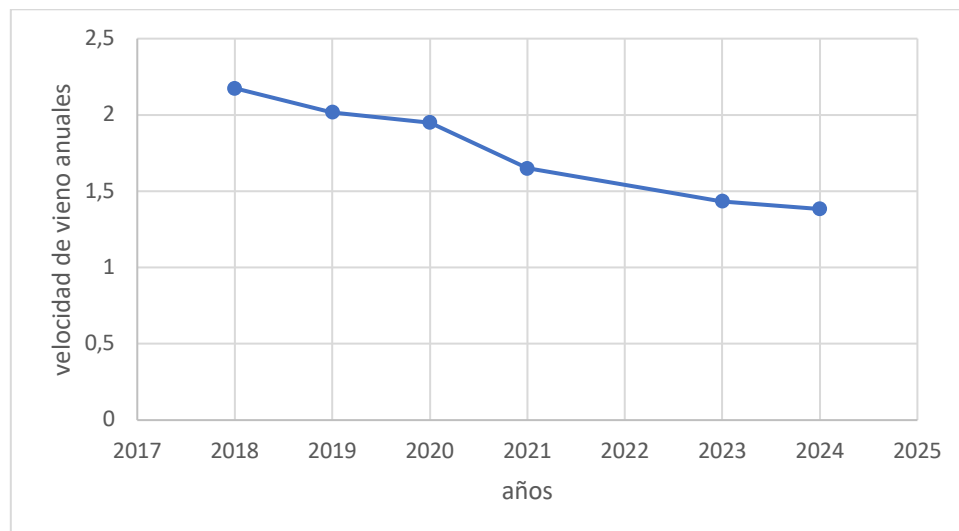
Tabla 2. Velocidad de viento

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| Suma de datos de velocidad de viento | 128,1 |
| Meses de datos | 72 |
| Media de velocidad de viento | 1,779 m/s |

El análisis de la velocidad del viento en Riobamba, obtenido entre 2018 y 2024, muestra una media de velocidad de viento de 1,779 m/s, lo que indica un flujo constante pero moderado. Aunque los vientos no alcanzan los 3 m/s, valor necesario para una eficiencia óptima en turbinas eólicas convencionales, esta velocidad podría ser adecuada para tecnologías de pequeña escala o turbinas diseñadas para bajas velocidades.

A pesar de que la velocidad del viento en Riobamba es relativamente baja, la suma total de datos de viento [128,1] durante 72 meses muestra cierta consistencia en los patrones. Por otro lado, la eficiencia en el aprovechamiento de la energía eólica en la ciudad será limitada debido a las condiciones de viento no tan fuertes. Esto sugiere que la energía solar podría ser una opción más viable para la región, mientras que la eólica podría implementarse en zonas con mejores condiciones.

Gráfico 2. Velocidad de viento anuales



Nota. Información obtenida de estación meteorológica ESPOCH

El gráfico muestra la velocidad anual promedio del viento en Riobamba entre 2018 y 2024, con un promedio de 1.779 m/s durante el período estudiado. A pesar de que los vientos en Riobamba no alcanzan una velocidad superior a los 3 m/s, los datos muestran una tendencia a la

baja en la velocidad del viento a lo largo de los años, con una disminución gradual desde el 2018 hasta el 2024.

Este patrón sugiere que, aunque la ciudad experimenta vientos relativamente constantes y de intensidad moderada, la eficiencia de las turbinas eólicas convencionales podría verse afectada por la falta de vientos fuertes. Con una velocidad de viento promedio de 1.779 m/s, la eficiencia de las turbinas tradicionales podría ser insuficiente para generar la cantidad esperada de energía.

La constante disminución de la velocidad del viento refuerza la necesidad de utilizar tecnologías de pequeña escala diseñadas específicamente para bajas velocidades de viento, si se desea aprovechar esta fuente de energía en la región. No obstante, debido a las bajas velocidades, la energía solar sigue siendo una opción más viable y eficaz para la región, mientras que la energía eólica debería implementarse en zonas con mejores condiciones de viento.

Análisis económico

Energía solar

Tabla 3. Información climática y recursos renovables

| | |
|--|--|
| Promedio mensual de horas de sol | 151,185 horas |
| Media diaria de horas de sol | 4,94 horas. |
| Media porcentual de radiación solar | 41,08%. |
| Eficiencia estimada de los paneles solares | 15–20% |
| Potencial anual de generación solar | Utilizando el promedio de horas de sol y el área promedio de techos de viviendas, se puede estimar la energía generada [en kWh]. |

Nota. Realización propia

La tabla 3 muestra un promedio mensual de horas de sol de 151,185 horas y una media diaria de 4.94 horas de sol, lo que indica un buen potencial para la energía solar en la región. Por otro lado, la media porcentual de radiación solar de 41.08% sugiere que existen días nublados, lo que puede afectar la eficiencia de los sistemas solares.

Con una eficiencia estimada de paneles solares de entre el 15% y 20%, es necesario considerar que, aunque la radiación solar es considerable, la eficiencia de conversión podría limitar la cantidad de energía aprovechada. Para maximizar el rendimiento de los sistemas solares, sería clave optimizar el área de instalación y el diseño de los paneles.

Tabla 4. Costo de equipos y sistemas

| | |
|--|---|
| Costo promedio de paneles solares [por kW instalado] | \$800 – \$1200 USD |
| Inversor solar | \$200 – \$400 USD por unidad, dependiendo de la capacidad |
| Baterías [opcional para sistemas autónomos] | \$300 – \$600 USD por unidad [litio-ion o AGM]. |

| | |
|-------------------------------------|--|
| Estructura de soporte e instalación | \$200 – \$500 USD por sistema. |
| Costo total estimado por vivienda | \$1500 – \$2500 USD [para un sistema de 1 kW]. |

Nota. Realización propia

La tabla 4 presenta los costos de instalación de un sistema fotovoltaico residencial. El costo de los paneles solares varía entre \$800 y \$1200 USD por kW instalado, lo que hace accesible la opción solar, pero aún representa una inversión significativa. Además, los costos adicionales como el inversor y las baterías pueden incrementar el precio final.

El costo total estimado por vivienda oscila entre \$1500 y \$2500 USD para un sistema de 1 kW, lo que incluye la estructura de soporte e instalación. Aunque los precios son competitivos, la barrera del costo inicial sigue siendo un desafío para muchas familias, limitando la adopción de energía solar a largo plazo.

Producción energética

Cálculo básico de energía generada

$$E_{solar} = H * P * n$$

Donde

H= Horas de sol [4,94 diarias o 151,185 mensuales].

P= Potencia del sistema [por ejemplo, 1 kW].

n= Eficiencia del sistema [0,15 – 0,20].

Energía generada estimada: 22–30 kWh/mes por cada kW instalado.

Energía eólica

Tabla 5. Información climática y recursos renovables

| | |
|-----------------------------------|---|
| Promedio de velocidad de viento | 1,845 m/s. |
| Condiciones óptimas para turbinas | Se requieren sistemas diseñados para velocidades de viento bajas [< 3 m/s]. |
| Zonas estratégicas | Faldas del Chimborazo |

Nota. Realización propia

La tabla muestra que la velocidad media del viento es de 1.845 m/s. Esto indica que en Riobamba hay vientos constantes, pero no son lo suficientemente fuertes para usar turbinas eólicas convencionales de manera eficiente, ya que estas necesitan velocidades mayores a 3 m/s. Esto limita la viabilidad de la energía eólica como fuente principal.

La tabla señala que se necesitan sistemas para velocidades bajas, lo que permite investigar tecnologías eólicas adecuadas para estas condiciones, como las turbinas de eje vertical. Además, la zona estratégica en las faldas del Chimborazo podría ser un área clave para evaluar más a fondo su viabilidad eólica.

Tabla 6. Costos de equipos y sistemas

| | |
|---|----------------------|
| Costo promedio de turbinas de eje vertical [1-3 kW] | \$3000 - \$5000 USD. |
| Inversor híbrido | \$300 - \$600 USD. |
| Mantenimiento anual | \$50 - \$100 USD. |
| Costo total estimado por vivienda | \$4000 - \$6000 USD |

Nota. Realización propia

La tabla 6 presenta el costo promedio de turbinas de eje vertical entre \$3000 y \$5000 USD para sistemas de 1 a 3 kW, lo que hace que la inversión en energía eólica sea considerablemente más alta que en energía solar. Además, el costo del inversor híbrido oscila entre \$300 y \$600 USD, lo cual aumenta el precio total.

El mantenimiento anual de las turbinas eólicas, con un costo de \$50 a \$100 USD, representa un gasto adicional en comparación con los sistemas solares. El costo total estimado por vivienda, que varía entre \$4000 y \$6000 USD, muestra que la energía eólica, aunque viable en zonas específicas, puede ser menos accesible para muchas familias debido al alto costo inicial y mantenimiento.

- Producción energética

Cálculo básico de energía generada

$$P_{eólica} = \frac{1}{2} * \rho * A * v^3 * \eta$$

Donde

ρ = 1.225kg/m³ [densidad del aire a nivel del mar, ajustada por altitud].

A= Área barrida por las aspas [en m²].

V= Velocidad del viento [1,845 m/s].

η = Eficiencia de la turbina [0,25 - 0,40].

Energía generada estimada: 5-10 kWh/mes por cada kW instalado [considerando bajas velocidades de viento].

Tabla 7. Ahorros y beneficios

| | |
|--|--------------------------|
| Tarifa eléctrica residencial promedio en Ecuador | \$0,10 - \$0,12 USD/kWh. |
|--|--------------------------|

| | |
|--------------------------------|---|
| Ahorro mensual estimado | Solar: \$2,2 – \$3,6 USD/mes [por kW instalado]. |
| | Eólico: \$0,5 – \$1,2 USD/mes [por kW instalado]. |
| Incentivos | Verificar subsidios o beneficios gubernamentales, como exoneraciones fiscales o financiamiento accesible. |

Nota. Realización propia

La tarifa eléctrica residencial promedio en Ecuador de \$0,10 a \$0,12 USD/kWh es relativamente baja, lo que limita el atractivo inmediato de la adopción de energías renovables, ya que los ahorros mensuales estimados con sistemas solares son de \$2.2 a \$3.6 USD por kW instalado, lo que podría no justificar la inversión inicial alta para algunas familias.

El ahorro mensual estimado para energía eólica es considerablemente más bajo, de \$0,5 a \$1.2 USD por kW instalado, lo que refleja la menor viabilidad económica de esta tecnología en la región. Los incentivos gubernamentales, como exoneraciones fiscales o financiamiento accesible, serían clave para mejorar la adopción de estas tecnologías, especialmente la eólica.

Retorno de inversión

$$ROI = \frac{\text{Ahorros anuales} - \text{Costo inicial}}{\text{Costo inicial}} * 100$$

$$ROI = \frac{36 - 2000}{2000} * 100$$

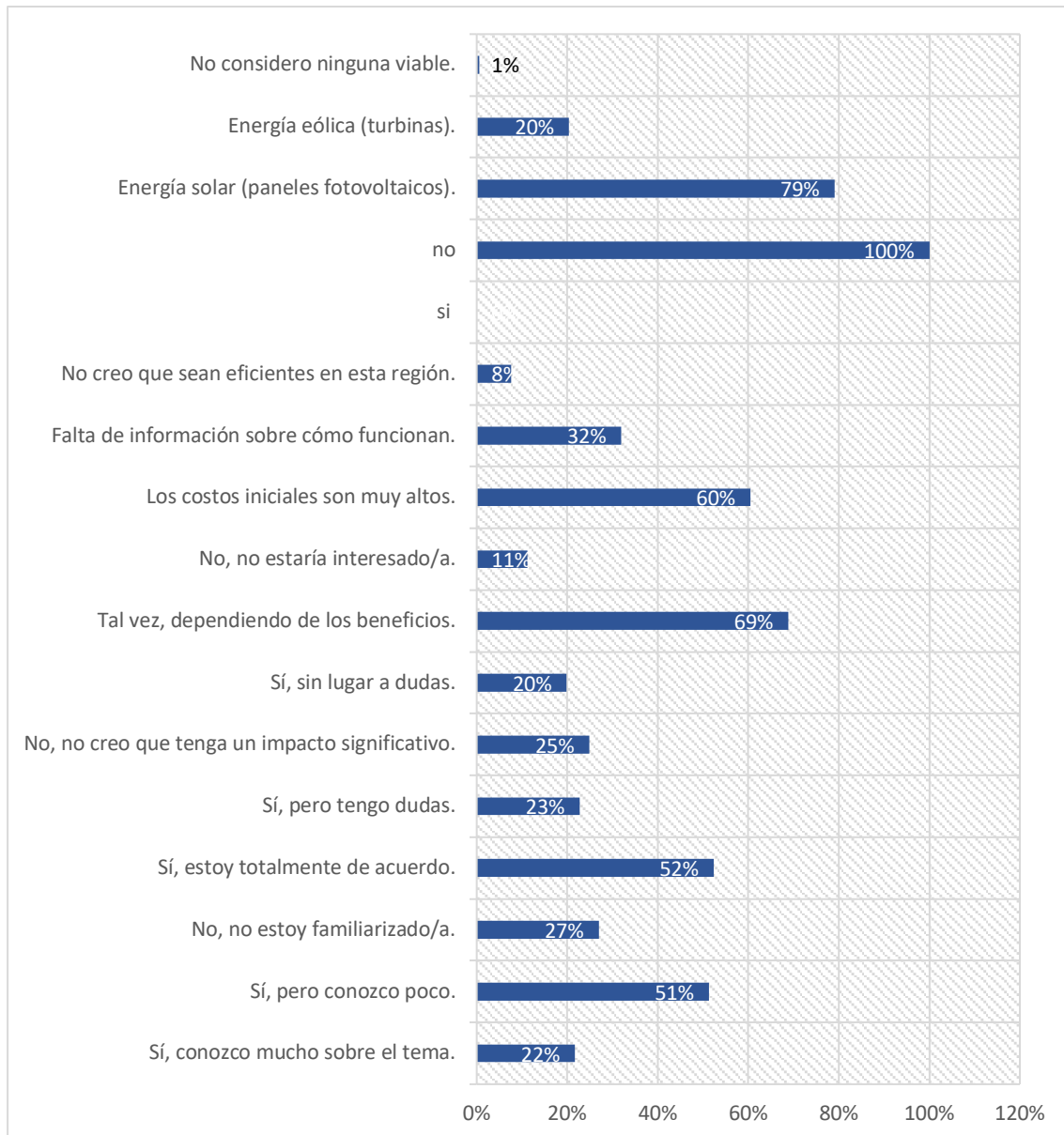
$$ROI = 1,8\%$$

Un sistema solar de 1 kW con un costo inicial de \$2000 USD y ahorros anuales de \$36 USD tendría un ROI de aproximadamente 1,8% anual, con un período de recuperación de 55 años [sin subsidios]. Este tiempo puede reducirse si se implementan incentivos o aumentan los costos de la electricidad convencional.

Encuesta dirigida a los habitantes de Riobamba.

Se llevaron a cabo encuestas dirigidas a los habitantes de Riobamba con el propósito de evaluar su percepción, conocimiento y disposición hacia la adopción de tecnologías de energía renovable, específicamente solar y eólica, en sus viviendas. Este análisis buscó identificar las principales barreras sociales, económicas y culturales que podrían influir en la implementación de estas tecnologías, así como explorar el nivel de interés y aceptación de la comunidad local.

Gráfico 1. Encuestas a habitantes



Nota. Realización propia

Se realizaron encuestas a los habitantes de Riobamba con el objetivo de evaluar su percepción, conocimiento y disposición hacia la adopción de energías renovables, particularmente solar y eólica. Los resultados mostraron que una gran mayoría de los encuestados tiene un conocimiento limitado sobre estas tecnologías, lo que indica una falta de educación e información sobre los beneficios de las energías renovables. Por otro lado, la disposición general hacia su adopción es positiva, especialmente si se proporcionan incentivos económicos y programas educativos.

El análisis de los datos obtenidos de las encuestas permitió identificar tanto factores a favor como en contra de la implementación de energías renovables en Riobamba. Entre los factores positivos, se destacó el gran potencial solar de la ciudad, con una media de 4,94 horas de sol diarias, lo que hace que la energía solar sea una opción técnica y económicamente viable para las viviendas. Además, los sistemas fotovoltaicos ofrecen un retorno de inversión [ROI] relativamente

rápido, especialmente con el apoyo de incentivos gubernamentales que reduzcan los costos iniciales de instalación.

Por otro lado, uno de los principales factores en contra es el alto costo inicial de instalación de las tecnologías, lo que representa una barrera significativa para muchas familias. Además, aunque la energía eólica también es una opción, la baja velocidad del viento en la región limita su viabilidad, ya que las turbinas convencionales requieren vientos más intensos para operar de manera eficiente. Esta situación reduce la rentabilidad de la energía eólica en comparación con la solar.

A través del cruce de la información obtenida en las encuestas y los análisis técnicos y económicos, se concluyó que la energía solar es la opción más rentable para Riobamba. Con un costo de instalación de entre \$1500 y \$2500 USD por vivienda para un sistema fotovoltaico, los ahorros mensuales proyectados entre \$2.2 y \$3.6 USD por kW instalado pueden justificar parcialmente la inversión inicial. Por otro lado, se requieren incentivos económicos adicionales para que muchas familias puedan acceder a estas tecnologías.

En términos generales, la energía solar aparece como la alternativa más viable para Riobamba, tanto desde una perspectiva económica como técnica. A pesar de los desafíos económicos y culturales, si se implementan políticas públicas adecuadas y programas de educación e incentivos, la adopción de energías renovables puede ser una solución sostenible para la ciudad, ayudando a reducir los costos energéticos y promoviendo el cuidado ambiental.

4. Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio proporcionan una visión detallada de la viabilidad de las energías renovables, especialmente la energía solar y eólica en la ciudad de Riobamba. Según los datos climáticos obtenidos de la estación experimental de la ESPOCH, Riobamba presenta un alto potencial para la energía solar, con un promedio mensual de 152,5 horas de sol y una media diaria de 4.98 horas de radiación solar. Este valor sugiere que la ciudad es una zona adecuada para la instalación de paneles fotovoltaicos, especialmente considerando que los costos de los sistemas varían entre \$1.500 y \$2.500 USD por vivienda. Un estudio realizado por Garcés concuerda con la información evidenciada en el presente estudio, además el autor menciona que la media porcentual de radiación solar de 41% indica que, aunque la ciudad disfruta de un buen nivel de radiación, la variabilidad climática puede reducir la eficiencia durante algunos días del año. Por su parte, Garcés destaca la importancia de considerar las fluctuaciones de la radiación solar en la planificación de proyectos energéticos [7].

En cuanto a la energía eólica, los resultados mostraron un promedio de 1,77 m/s de velocidad del viento en Riobamba. Si bien la velocidad del viento es constante, no es suficiente para generar energía eólica con turbinas convencionales, que requieren velocidades de viento superiores a 3 m/s para operar de manera eficiente. Por otro lado, al comparar estos resultados con investigaciones como la de Enríquez y Moreno, se observa que las turbinas de eje vertical, diseñadas para operar con vientos más suaves, podrían ser una solución viable en ciertas áreas de la ciudad. Un ejemplo son las faldas del Chimborazo, identificadas como zonas estratégicas en este estudio [8].

A pesar del potencial limitado de la energía eólica, la energía solar sigue siendo la opción más viable. Esto se refleja en los datos del análisis económico, que muestran que la energía solar tiene un costo más bajo y un retorno de inversión más rápido que la energía eólica. Mientras que el costo total estimado por vivienda para un sistema eólico oscila entre \$4,000 y \$6,000 USD, un

sistema solar tiene un costo estimado entre \$1,500 y \$2,500 USD. Estos costos son competitivos, pero las barreras de inversión inicial siguen siendo significativas para muchos hogares. Esto es especialmente relevante si se considera que los ahorros mensuales estimados de \$2.2 a \$3.6 USD por kW instalado son modestos en comparación con la tarifa eléctrica promedio de \$0.10 a \$0.12 USD/kWh en Ecuador.

Los resultados de la encuesta muestran que una amplia mayoría de los encuestados no está familiarizada con las energías renovables, lo que indica una falta de conocimiento y una baja disposición hacia la adopción de estas tecnologías. Esta tendencia es consistente con estudios previos de Cangas y Ferro y Ávila que indican que la educación y concienciación sobre energías renovables es importante para superar las barreras sociales y culturales que limitan la adopción de tecnologías sostenibles. De hecho, los datos muestran que un alto porcentaje de los participantes está de acuerdo en que las energías renovables contribuyen al cuidado del medio ambiente, pero muchos son reacios a instalar sistemas solares debido a la percepción de altos costos y la falta de información sobre su funcionamiento [9] [10].

Además de la falta de conocimiento, las respuestas de los encuestados revelaron barreras económicas como la principal preocupación para la adopción de tecnologías solares y eólicas. El alto costo inicial de instalación y los gastos de mantenimiento continuos, como los relacionados con las turbinas eólicas, son vistos como obstáculos importantes. Estos resultados están en línea con los de Gualoto y Mendoza, quienes identifican el costo inicial como una barrera crítica en la adopción de energías renovables en áreas rurales y urbanas. Aunque los incentivos gubernamentales podrían mitigar estas barreras, los resultados sugieren que una educación financiera complementaria es esencial para que los ciudadanos comprendan los beneficios a largo plazo de la inversión en energías renovables [11].

La viabilidad económica de los sistemas solares y eólicos depende en gran medida de las políticas públicas y los incentivos gubernamentales, los resultados del estudio muestran que los ahorros mensuales generados por los sistemas solares no justifican por sí solos la inversión inicial sin algún tipo de subsidio o financiamiento accesible. Este aspecto ha sido abordado por Guarín y Sánchez, quienes sugieren que los subsidios gubernamentales y exoneraciones fiscales podrían ser factores decisivos para impulsar la adopción de energías renovables en Ecuador, especialmente en zonas donde las barreras económicas son significativas [12].

Los datos de este estudio apuntan a que la energía solar es la opción más prometedora para Riobamba, aunque con ciertas limitaciones. El estudio coincide con investigaciones previas que también destacan el potencial solar de Ecuador, pero sugiere que la adopción generalizada dependerá de políticas públicas efectivas y una mayor educación sobre los beneficios y el funcionamiento de estos sistemas. Como sugieren Ramos y Martínez y Poladian, el desarrollo de infraestructura y acceso a financiamiento son claves para reducir las barreras económicas y permitir una transición energética sostenible [13] [14].

5. Conclusión

El análisis integral en esta investigación permitió evaluar la efectividad técnica, económica y social del uso de energías renovables en las viviendas de Riobamba. Los resultados destacan que, dadas

las características geográficas y climáticas de la ciudad, la energía solar representa la opción más viable para su implementación. La prolongada radiación solar registrada en la región, junto con el rendimiento eficiente de los sistemas fotovoltaicos, asegura una producción energética constante que puede satisfacer las necesidades residenciales de manera sostenible. Por otro lado, aunque la energía eólica presenta limitaciones debido a la baja velocidad promedio del viento, sigue siendo una alternativa complementaria en ubicaciones estratégicas con mayor potencial, como lo son las faldas del volcán Chimborazo.

Desde una perspectiva económica y social, la adopción de tecnologías solares enfrenta desafíos significativos, principalmente relacionados con los altos costos iniciales y el desconocimiento general sobre su funcionamiento y beneficios. Por otro lado, la percepción positiva de la comunidad respecto a las energías renovables y su contribución al cuidado ambiental ofrece una base sólida para promover su aceptación. En este sentido, la energía solar se posiciona como la alternativa más prometedora, tanto por su viabilidad técnica y económica como por su capacidad para alinearse con las necesidades y expectativas de los habitantes de Riobamba.

Contribución de autores: Todos los autores contribuyeron al artículo.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Tibanta JOE, Gonzáles K. Las energías renovables y la sostenibilidad en territorio. 2022 Abril 26; 8[2].
2. Párraga Á, Intriago S, Velasco E, Cedeño V, Murillo N, Zambrano F. Producción de energía eólica en Ecuador. *Ciencia Digital*. 2019 Julio 05; 3[3].
3. Uvidia LA, Paladines JM, Masaquiza JU, Moyano MG. Revisión Documental de la Energía Eólica para la Generación de Energía Eléctrica en el Ecuador. 2023 Diciembre 30; 9[20].
4. Linares ML, Montero ET, Luna J. Ecología, energías renovables y sustentabilidad socioformativa. *Sociedad & Tecnología*. 2023 Mayo 03; 6[2].
5. Plaza FN. Fuentes energéticas renovables en Ecuador. *Perspectivas a futuro*. Polo del conocimiento. 2022 Marzo 21; 7[3].
6. INEC. Censo Ecuador. [Online].; 2022 [cited 2025 Enero 5. Available from: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>.
7. Garcés M. Estudio de factibilidad para la implementación de sistemas fotovoltaicos en la Unidad Educativa San Juan de la Parroquia San Juan del Cantón Riobamba. 2024; 1[1].
8. Enríquez LA, Moreno HO. Características del viento y potencia eólica disponible en la región andina de la provincia de Chimborazo. 2020 Julio 27; 6[3].
9. Cangas MR, Ferro H. Diseño de un sistema de energía renovable basado en paneles solares fotovoltaicos para mercados de Ibarra, Ecuador. 2024 Mayo 8; 8[3].
10. Ávila DP, Gonzalez TJ, Icaza DO. Análisis del Potencial Eólico y solar para la Implementación de un Sistema Híbrido de Generación Eléctrica Ubicadas en una Comunidad Rural Oriental de la Provincia de Zamora Chinchipe. 2022 Enero 10; 7[1].

11. Gualoto EP, Mendoza ÁJ. Análisis de un estudio para la viabilidad de un sistema fotovoltaico conectado a la red dentro del instituto superior universitario central técnico en la oficina de la carrera de electricidad. 2024 Febrero 22; 5[1].
12. Guarín DM, Sánchez MD. Estudio de factibilidad para la implementación de energía limpia con paneles solares. 2021; 1[1].
13. Ramos J, Chávez R, Alcaraz J. La sostenibilidad energética con paneles solares y su relación económico-social en la incertidumbre para el desarrollo regional de México. 2021 Diciembre 1; 2021[2].
14. Martínez C, Poladian A. El uso de energía fotovoltaica en viviendas de Buenos Aires: Estudio microeconómico de factibilidad. 2020 Abril 30; 5[2].
15. Tiupul PC. Estacion meteorologica ESPOCH. [Online].; 2024 [cited 2025 Enero 5. Available from: <https://www.esPOCH.edu.ec/estacion-agrometeorologica/>.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution [CC BY] license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>