



Doi: <https://doi.org/10.70577/asce.v5i1.718>

Recibido: 2026-01-24
Aceptado: 2026-02-05
Publicado: 2026-03-16

**Análisis de la Viabilidad Técnica de Sistemas de Energías Renovables en
Residencias de la Ciudad De Manta**
**Technical Feasibility Analysis of Renewable Energy Systems in Residential
Buildings in the City of Manta**

Autores

Cristian Paúl Topa Chuquitarco¹

Mecánica

<https://orcid.org/0000-0002-2780-5488>

ctopac@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo – Ecuador

Jorge Javier Acosta Manosalvas²

<https://orcid.org/0000-0002-7073-5286>

jacostam@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo – Ecuador

Mayerlin Ariana Zamora Vera³

<https://orcid.org/0009-0005-3273-3676>

mzamorav5@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo – Ecuador

Kevin Jair Faz Cáceres⁴

<https://orcid.org/0009-0006-8022-6000>

kfazc@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo – Ecuador

Cómo citar

Topa Chuquitarco, C. P., Acosta Manosalvas, J. J., Zamora Vera, M. A., & Faz Cáceres, K. J. (2026). Análisis de la Viabilidad Técnica de Sistemas de Energías Renovables en Residencias de la Ciudad De Manta. *ASCE MAGAZINE*, 5(1), 2624–2640.



Resumen

El presente estudio analiza la viabilidad técnica y económica de sistemas híbridos fotovoltaico-eólicos para el autoconsumo residencial en la ciudad de Manta, Ecuador. En el que se evaluó una vivienda unifamiliar con demanda mensual de 200 kWh, utilizando datos climáticos de PVGIS (irradiación solar) y NASA POWER (velocidad del viento), validados con el Atlas Eólico del Ecuador se tuvo que el recurso solar presenta un promedio de 4.29 horas solares pico (HSP) y picos de 600 W/m², mientras que el eólico es moderado (4.0-4.5 m/s a 30 m, densidad 70-100 W/m²).

Se dimensionó un sistema híbrido que cubre el 70% de la demanda con energía solar y el 30% con eólica, complementado por batería de gel de 200 Ah e inversor híbrido de 3 kW. La eficiencia global estimada es del 90% considerando pérdidas.

Desde el análisis financiero, el sistema presenta un Costo Nivelado de Energía de 0.0494 USD/kWh, un Valor Actual Neto positivo de 54.2 USD y una Tasa Interna de Retorno del 6.20%, evidenciando rentabilidad a 25 años. Comparado con motores de combustión interna, el híbrido obtiene mayor puntuación multicriterio (0.59 vs. 0.41) por menor impacto ambiental y costos operativos, confirmando la viabilidad del sistema.

Palabras claves: Energías renovables; Sistema híbrido; Fotovoltaico-eólico; Viabilidad técnica-económica; Autoconsumo residencial.



Abstract

This study analyzes the technical and economic feasibility of hybrid photovoltaic-wind systems for residential self-consumption in the city of Manta, Ecuador. A single-family home with a monthly demand of 200 kWh was evaluated using climate data from PVGIS (solar irradiance) and NASA POWER (wind speed), validated with the Ecuador Wind Atlas. It was found that the solar resource has an average of 4.29 peak solar hours (HSP) and peaks of 600 W/m², while wind resources are moderate (4.0-4.5 m/s at 30 m, density 70-100 W/m²).

A hybrid system was designed to cover 70% of the demand with solar energy and 30% with wind energy, complemented by a 200 Ah gel battery and a 3 kW hybrid inverter. The estimated overall efficiency is 90%, considering losses.

From a financial analysis, the system has a Levelized Cost of Energy of \$0.0494/kWh, a positive Net Present Value of \$54.2, and an Internal Rate of Return of 6.20%, demonstrating profitability over 25 years. Compared to internal combustion engines, the hybrid obtains a higher multi-criteria score (0.59 vs. 0.41) due to its lower environmental impact and operating costs, confirming the viability of the system.

Keywords: Renewable energies; Hybrid system; Photovoltaic-wind; Technical-economic viability; Residential self-consumption.



Introducción

El crecimiento sostenido de la demanda energética y las limitaciones estructurales de los sistemas eléctricos convencionales han impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles basadas en fuentes renovables (Unidas, 2018). En el contexto ecuatoriano, la dependencia del Sistema Nacional Interconectado y la vulnerabilidad ante eventos climáticos o restricciones de generación evidencian la necesidad de fortalecer esquemas de generación distribuida, especialmente en el sector residencial (Fontalvo Díaz et al., 2023). En este escenario, los sistemas híbridos que combinan energía solar y eólica representan una solución tecnológica viable para mejorar la seguridad energética, reducir emisiones y promover la transición hacia modelos de prosumidores.

La ciudad de Manta, ubicada en la región costera del Ecuador, presenta condiciones geográficas favorables para el aprovechamiento de recursos renovables, particularmente el solar. Su cercanía a la línea ecuatorial permite una irradiación relativamente estable durante todo el año, lo que convierte a la energía fotovoltaica en una alternativa estratégica para el autoconsumo residencial (Ávila et al., 2022). No obstante, el recurso eólico, aunque de menor intensidad promedio, puede desempeñar un papel complementario que incremente la resiliencia del sistema energético doméstico. La integración adecuada de ambas fuentes requiere un análisis técnico detallado que considere datos climáticos históricos, patrones de consumo y criterios de dimensionamiento óptimos.

Además del análisis técnico, la viabilidad de estos sistemas debe evaluarse desde una perspectiva económica que contemple indicadores financieros como el Costo Nivelado de Energía (LCOE), el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). La comparación con alternativas convencionales, como los motores de combustión interna, permite establecer criterios objetivos sobre competitividad y sostenibilidad. En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo

evaluar la factibilidad técnica y económica de un sistema híbrido fotovoltaico–eólico para uso residencial en la ciudad de Manta, incorporando herramientas metodológicas como el despliegue de la función de calidad (QFD) y el procesamiento de datos climáticos mediante Inteligencia Artificial, con el fin de optimizar el dimensionamiento y reducir la incertidumbre en la toma de decisiones (Zamora Vera, 2025).

Materiales y métodos

La presente investigación es de tipo diagnóstico y descriptivo, con un diseño no experimental debido a que la observación de las variables climáticas y técnicas se realiza en su contexto natural para su posterior análisis. El enfoque metodológico es de naturaleza mixta, integrando un análisis cualitativo mediante la revisión de literatura especializada y un análisis cuantitativo para el dimensionamiento de las variables técnicas. Asimismo, se define como un estudio de corte transversal, ya que los datos de demanda y recursos climáticos corresponden a periodos específicos de análisis.

Población y muestra

El estudio se localizó en una vivienda unifamiliar situada en la urbanización La Antonella, parroquia Colorado, en la ciudad de Manta. El perfil de demanda se estableció mediante un levantamiento de cargas de ocho equipos eléctricos principales (televisor, refrigerador, bomba de 0.5 HP, entre otros), determinando un consumo promedio mensual de 200 kWh y una demanda anual proyectada de 2400 kWh/año.

Recolección de la información

Se incluyeron datos oficiales y actualizados de irradiancia solar provenientes de la plataforma PVGIS (periodo 2005-2023) y velocidades del viento registradas por NASA POWER para el año 2024, validados con el Atlas Eólico del Ecuador (NASA,



n.d.). Se excluyó información proveniente de fuentes no verificadas, datos desactualizados o registros climatológicos que carecieran de respaldo documental técnico o cuya veracidad no pudiera ser comprobada.

Procedimiento metodológico

El procedimiento integró el análisis numérico con la interpretación técnica en cuatro fases(Zamora Vera, 2025):

- Se determinó la potencia pico necesario dando el valor de HSP (4.29 h) y densidad de potencia eólica (70-100 W/m²).
- Se Calculo de potencia fotovoltaica necesaria para cubrir el 70% de la demanda y capacidad eólica para el 30% restante, incluyendo el sistema de almacenamiento en baterías de gel.
- El uso de la casa de la calidad (QFD) permitió alinear los requerimientos del usuario con las especificaciones de ingeniería.
- El uso de matrices permitió a contrastar el sistema híbrido frente a motores de combustión interna mediante el método ordinal de criterios ponderados.

Procedimiento de análisis de datos

Para el procesamiento de datos se empleó un enfoque descriptivo y financiero. Se utilizaron indicadores de rentabilidad como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Costo Nivelado de Energía (LCOE)(Saldarriaga-Loaiza et al., 2022). El software empleado para la organización de datos, cálculos matemáticos y creación de gráficos de apoyo fue Microsoft Excel, complementado con los algoritmos generados en entorno Colab.

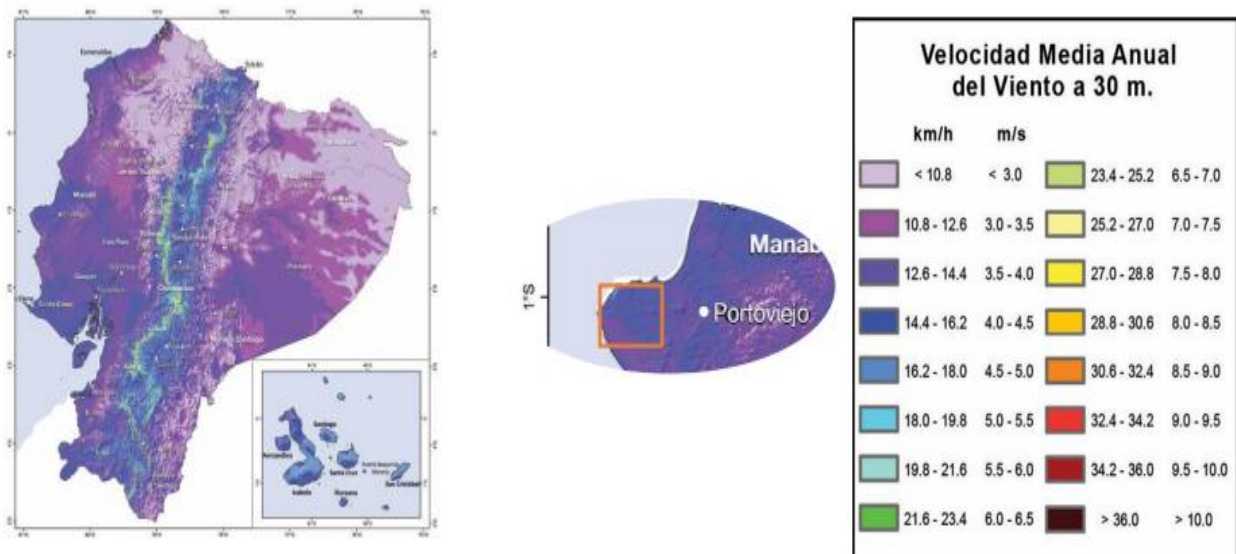
Resultados

Mediante el Atlas Eólico del INER permitió conocer que el recurso eólico a una altura de 30 metros, la velocidad media anual oscila entre 4.0 y 4.5 m/s, con una densidad de potencia de 70 a 100 W/m²(Renovable, 2013). Aunque estos valores clasifican al recurso como moderado, estas condiciones son adecuadas para aerogeneradores pequeños diseñados para operar eficientemente con vientos suaves, lo cual es ideal para usos residenciales(Gallo et al., 2022).

La baja intensidad del viento se debe a la ubicación costera, la irregularidad del terreno y la presencia de edificios cercanos que causan turbulencias, así como los factores que reducen la velocidad del viento(Barragán, 2014). A pesar de esto, este recurso complementar al sistema solar durante la noche o en días de alta nubosidad aportando aproximadamente el 30% de la energía total necesaria.

Figura 1.

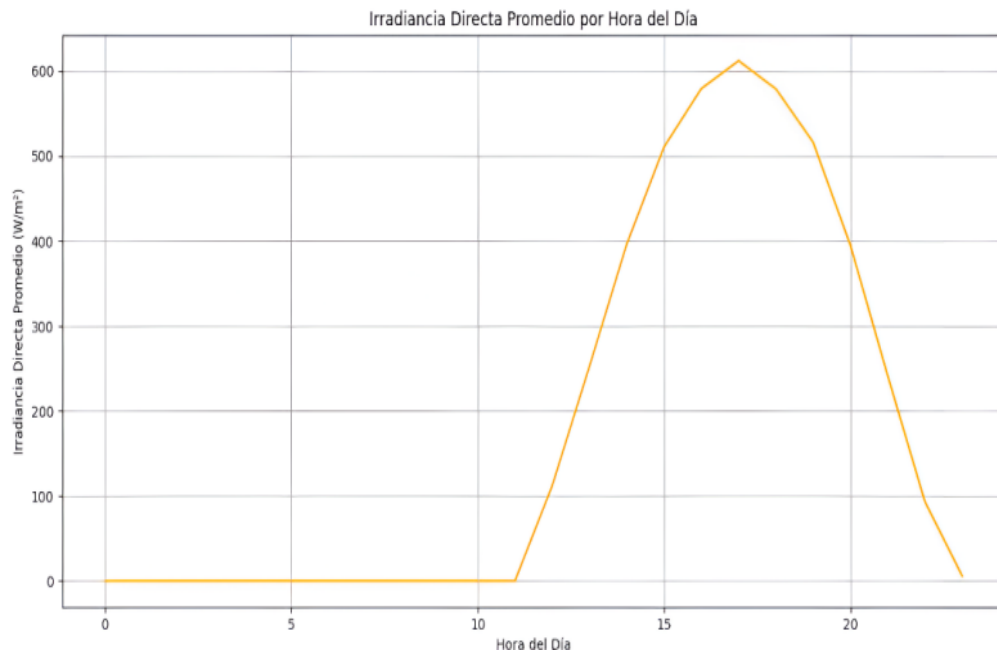
Velocidad media anual del viento a 30 metros del suelo.



Fuente: (Renovable, 2013)

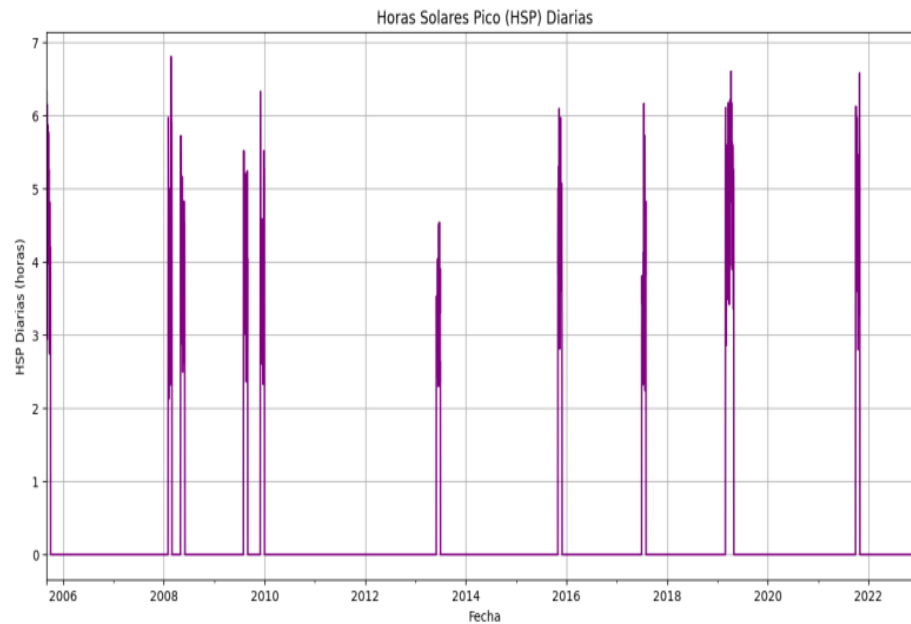
El análisis climatológico de Manta evidenció una irradiancia solar promedio de 200 W/m², con un valor máximo de 600 W/m² alcanzado entre las 13:00 y 14:00 horas debido a la posición cenital del sol, como se muestra en la figura 1 (PNUD et al., 2002).

Figura 2.
Irradiancia directa promedio por hora del día



Fuente: (Zamora Vera, 2025)

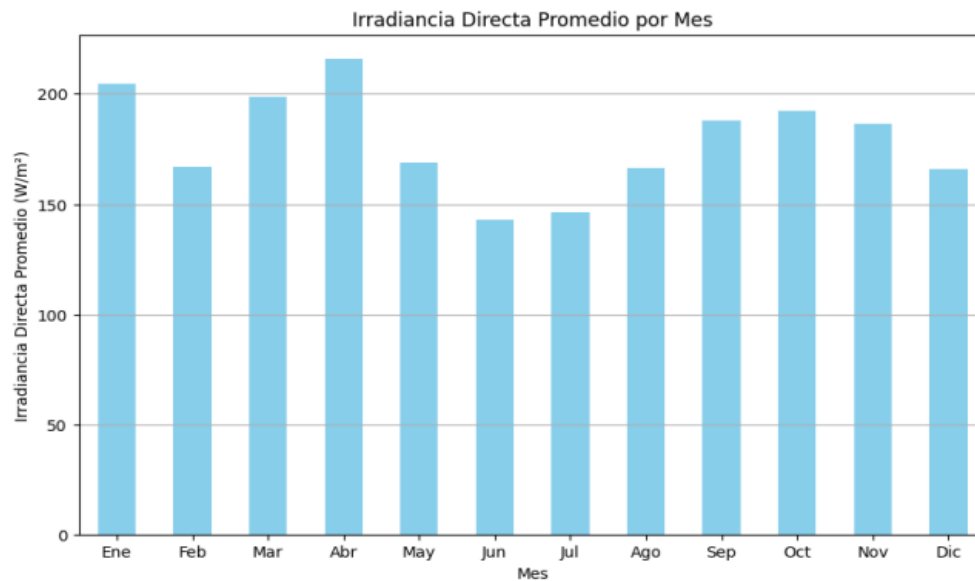
Figura 3.
Horas Solares Pico (HSP) diarias.



Fuente: (Zamora Vera, 2025)

Se identificó un promedio de 4.29 Horas Solares Pico (HSP), con una variabilidad estacional que sitúa a abril como el mes de mayor potencial (217 W/m²) y a junio como el de menor incidencia (144 W/m²), lo que representa una variación del 33.64% entre el máximo y el mínimo (PNUD et al., 2002).

Figura 4.
Irradiancia directa promedio por mes.



Fuente: (Zamora Vera, 2025)

Para el dimensionamiento y la configuración del sistema híbrido se parte de una demanda residencial de 200 kWh/mes (2400 kWh/año), en el que se diseñó un sistema para cubrir el 70% de la carga mediante energía solar y el 30% mediante eólica. Teniendo así la configuración técnica optimizada de la siguiente forma:

- Generación Solar: 4 paneles monocristalinos de 460 Wp (total ~1.84 kWp).
- Generación Eólica: 1 aerogenerador de 600 W de potencia nominal.
- Almacenamiento e Inversión: 1 batería de gel de 200 Ah para una autonomía del 30% del día y un inversor híbrido de 3 kW. La eficiencia global del sistema, considerando las pérdidas de balance (BOS) y de ruta, se estimó en un 10% respecto a la energía incidente total(Zamora Vera, 2025).

Tabla 1.

Cálculo de capital inicial del sistema híbrido

| Componente | Cantidad | Estimado USD C/U | Subtotal (USD) |
|---------------------------|----------|---------------------|----------------|
| Paneles solares 460W | 4 | \$120 | \$480 |
| Aerogenerador 600W | 1 | \$747.50 | \$747.50 |
| Breaker de seguridad | 1 | \$50 | \$5 |
| Batería 200 Ah | 1 | \$150 | \$150 |
| Inversor híbrido (3kW) | 1 | \$690 | \$690 |
| Estructura + cables | - | \$300 | \$300 |
| Instalación técnica | - | \$450 | \$450 |
| Total estimado | ----- | ----- | \$2822.05 |

Fuente: (Zamora Vera, 2025)

Análisis de Viabilidad Económica

La inversión inicial requerida para la implementación del sistema es de 2822.05 USD como se observa en la tabla 1. Los indicadores financieros proyectados a una vida útil de 25 años validan la rentabilidad del proyecto en el que se estimó un ahorro de 244 USD/año basándose en la tarifa eléctrica vigente. En la rentabilidad se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) de 54.2 USD (indicando ganancia) y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 6.20%, superando la tasa de descuento del 6% (Saldarriaga-Loaiza et al., 2022; Zamora Vera, 2025).

El costo de producir cada kWh con este sistema resulta en 0.0494 USD/kWh, este valor es significativamente inferior a la tarifa actual de la red pública. Además, el periodo de retorno de inversión se calculó en 12.54 años (Gonzalez Bisciglia et al., 2023).

Tabla 2.

Evaluación de los criterios del sistema híbrido y MCI.

| Criterio | Costo de inversión | Costo de mantenimiento | Vida útil | Eficiencia | $\sum +1$ | Ponderación |
|------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|-----------|--------------------|
| Costo de inversión | 0.50 | 1.00 | 0.50 | 0 | 3.00 | 0.25 |
| Costo de mantenimiento | 0 | 0.50 | 0 | 0 | 1.50 | 0.125 |
| Vida útil | 0.50 | 1.00 | 0.50 | 0 | 3.00 | 0.25 |
| Eficiencia | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 4.50 | 0.375 |
| | | | Sum | | 12.00 | 1.00 |
| | | | a | | | |

Fuente: (Zamora Vera, 2025)

Mediante el método ordinal de criterios ponderados, se muestra una valoración del sistema híbrido frente a motores de combustión interna (MCI). El sistema híbrido obtuvo una puntuación de 0.59 frente al 0.41 de los MCI, demostrando una superioridad técnica y operativa fundamentada principalmente en su mayor vida útil, menores costos de mantenimiento y bajo impacto ambiental.

Tabla 3.

Conclusiones para la evaluación de todos los criterios.

| Conclusión | Costo de inversión | Costo de mantenimiento | Vida útil | Eficiencia | Σ | Prioridad |
|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|----------|------------------|
| Híbrido | (0.625)(0.25) | (0.625)(0.125) | (0.50)(0.25) | (0.625)(0.375) | 0.59 | 1 |
| Motores de combustión interna | (0.375)(0.25) | (0.375)(0.125) | (0.50)(0.25) | (0.375)(0.375) | 0.41 | 2 |

Fuente: (Zamora Vera, 2025)



Discusión

El análisis de los recursos renovables en Manta confirma que el potencial solar constituye el eje principal para la autonomía energética residencial, con un promedio de 4.29 HSP y picos de irradiancia de 600 W/m², lo que garantiza estabilidad y previsibilidad en la generación. En contraste, el recurso eólico (4.0–4.5 m/s a 30 m) presenta un comportamiento moderado a bajo, limitando su uso como fuente primaria; sin embargo, su integración como complemento estratégico permite cubrir aproximadamente el 30% de la demanda en periodos nocturnos o de baja radiación (Barragán, 2014). Esta complementariedad mejora la resiliencia del sistema y optimiza el uso del banco de baterías, demostrando que la viabilidad técnica depende tanto del potencial energético como del adecuado dimensionamiento basado en datos climáticos históricos (Raúl, 2023).

Desde el punto de vista económico, el sistema híbrido demuestra competitividad mediante un LCOE de 0.0494 USD/kWh, inferior a la tarifa residencial promedio en Ecuador (~0.10 USD/kWh), lo que implica ahorro energético a largo plazo. El VAN positivo (54.2 USD) y la TIR del 6.20%, superior a la tasa de descuento del 6%, confirman la factibilidad financiera del proyecto en un horizonte de 25 años (Al-Rawashdeh, 2023). Aunque el periodo de recuperación supera la década, la vida útil prolongada de los componentes y los bajos costos de operación permiten beneficios sostenidos, especialmente ante posibles incrementos tarifarios futuros.

La evaluación multicriterio evidencia la superioridad del sistema híbrido frente a los motores de combustión interna, debido a su menor impacto ambiental, ausencia de costos variables por combustible y mayor estabilidad operativa. La aplicación del método QFD aseguró la alineación del diseño con las necesidades del usuario, mientras que la integración de Inteligencia Artificial en el procesamiento de datos de PVGIS y NASA POWER redujo la incertidumbre técnica en el dimensionamiento.



En conjunto, los resultados respaldan la transición hacia modelos de prosumidores en el sector residencial de Manta, fortaleciendo la descentralización energética y la sostenibilidad del sistema eléctrico (Saenz, 2024).

Conclusiones

El análisis de las condiciones climáticas de Manta, basado en datos de irradiación solar y perfiles de viento, confirma la viabilidad técnica de las energías renovables en el sector residencial, con un énfasis prioritario en el recurso solar debido a su alta disponibilidad y consistencia (picos de 600 W/m² y promedios de 200 W/m²). El potencial eólico, aunque moderado (70-100 W/m² a 30 m), sirve como complemento efectivo en sistemas híbridos.

El sistema híbrido propuesto demuestra rentabilidad económica, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 6.20% superior a la tasa de descuento, un Valor Actual Neto (VAN) positivo de 54.2 USD y un período de recuperación de la inversión (payback) de 12.54 años, considerando una inversión inicial de 2822.05 USD y ahorros anuales netos de 225 USD sobre 25 años. Además, el Costo Nivelado de Energía (LCOE) de 0.05 USD/kWh lo hace competitivo frente a tarifas convencionales.

Comparado con motores de combustión interna (MCI), el híbrido es superior en eficiencia, sostenibilidad y puntaje multicriterio (0.59 vs. 0.41), reduciendo emisiones y dependencia de combustibles fósiles. Recomendaciones incluyen incentivos gubernamentales para adopción masiva, mantenimiento anual de componentes para mitigar degradación ambiental y estudios de monitoreo continuo para optimizar diseños en microclimas locales, fomentando así la transición energética en Ecuador.



Referencias Bibliográficas

- Al-Rawashdeh, H. (2023). Performance analysis of a hybrid renewable-energy system for green buildings to improve efficiency and reduce GHG emissions with multiple scenarios. *Sustainability*, 15(9), 7529. <https://doi.org/10.3390/su15097529>
- Ávila, D. P., Gonzalez, J. T., & Icaza, D. O. (2022). Análisis del potencial eólico y solar para la implementación de ciencias técnicas y aplicadas. *Ciencias Técnicas y Aplicadas*, 66, 674–685. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i1.3502>.
- Barragán, E. A. (2014). Generación Eólica en Ecuador: Análisis del Entorno y Perspectivas de Desarrollo. *Revista Técnica “Energía,”* 10(1). <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v10.n1.2014.100>
- Fontalvo Díaz, J., Ramirez Peñaherrera, P., Constante Arguello, J., Fonseca Palacios, J., & Cruz Salazar, C. (2023). *Balance Energético Nacional 2023*. Ministerio de Energía y Minas. <https://www.recursosyenergia.gob.ec>
- Gallo, L. A., Chica, E. L., & Flórez Serrano, E. G. (2022). Performance study of different blade profiles of a wind turbine to harness of low-speed winds. *Ingeniería (Colombia)*, 27(1). <https://doi.org/10.14483/23448393.18127>
- Gonzalez Bisciglia, L., Videla, M. E., & Pedace, R. (2023). *Tiempo de retorno energético de un sistema fotovoltaico de generación distribuida en Argentina*. 52, 16–24. <https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/erma/article/view/4364>
- NASA. (n.d.). *NASA POWER / Data Access Viewer (DAV)*. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>



PNUD, GEF, & BUN-CA. (2002). *Manual energía solar fotovoltaica*.

Raúl, M. C. (2023). *Sistema híbrido fotovoltaico-eólico para la generación de energía eléctrica*. <https://share.google/SIQCrmsnvyLoqJCuU>

Renovable, M. de E. y E. (2013). *Atlas eólico del Ecuador*. <https://www.awstruepower.com>

Saenz, M. (2024). *Crisis de Energía en Ecuador: Evaluación de la situación al 5 de octubre de 2024*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19729.44640>

Saldarriaga-Loaiza, J. D., López-Lezama, J. M., & Villada-Duque, F. (2022). Metodologías para la estructuración de inversiones en proyectos de energía renovable. *Información Tecnológica*, 33(3), 189–202. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642022000300189>

Unidas, N. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas. <https://www.issuu.com/publicacionescepal/stacks>

Zamora Vera, M. A. (2025). Análisis de la viabilidad técnica de sistemas de energías renovables en residencias de la ciudad de Manta [Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Mecánica]. In *Trabajo de Integración Curricular inédito para optar al título de Ingeniera Mecánica*.



Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.