

Estimación de potencial energético renovable en el recinto Malqui Machay

(Estimating Renewable Energy Potential in the Malqui Machay Area)

Kenny Jair Medina Coro¹, Alex Darwin Paredes Anchatipán¹

¹ Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de Electromecánica, Ecuador
kenny.medina6105@utc.edu.ec, alex.paredes4935@utc.edu.ec

Resumen: El estudio “Estimación de potencial energético renovable en Malqui Machay” analiza el potencial de energías renovables en Malqui Machay, Ecuador, usando una metodología avanzada que integra análisis geoespacial y aplicación de fórmulas y ecuaciones matemáticas, con datos de fuentes como la NASA (National Aeronautics and Space Administration). Los resultados indican un notable potencial solar de 361,80 KWh/m², lo cual sobresale en comparación con las estimaciones más moderadas para la energía eólica y biomasa. Esta discrepancia subraya la idoneidad de la región para proyectos fotovoltaicos y sugiere la implementación de aerogeneradores de baja potencia y el aprovechamiento de biomasa a partir de residuos orgánicos, además el uso de sistemas híbridos que integren el uso de estas energías renovables no convencionales. El estudio resalta la importancia de las energías renovables en la transición energética sostenible de la región, enfatizando la energía solar fotovoltaica y sugiriendo investigaciones futuras sobre el potencial geotérmico. Este análisis posiciona a Malqui Machay como un sitio clave para el desarrollo de proyectos de energía renovables.

Palabras clave: Malqui Machay, energías renovables, eólica, solar, biomasa.

Abstract: The paper “Estimation of Renewable Energy Potential in Malqui Machay” performs an analysis of renewable energy potential in Malqui Machay, Ecuador, utilizing an advanced methodology that integrates geospatial analysis and application of mathematical models and equations, with data sources including NASA (National Aeronautics and Space Administration). The results show a significant solar photovoltaic potential of 361.80 KWh/m², which is remarkably high compared to the more moderate wind power density and biomass energy estimates. This variance highlights the suitability of the region for solar PV projects and suggests implementation of small-scale wind turbines, harnessing of biomass from organic waste streams, in addition to hybrid systems integrating these non-conventional renewables...

Keywords: Malqui Machay, renewable energy, wind, solar, biomass.

1. INTRODUCCIÓN

Ante la grave crisis climática que enfrenta nuestro planeta y con las proyecciones de un incremento en la temperatura global superior a 1.5°C [1], la necesidad de actuar con urgencia se hace más evidente que nunca. La dependencia de la matriz energética basada en fuentes de energía fósiles que han impulsado la economía global durante más de 150 años, y que en la actualidad representan aproximadamente el 80% del suministro energético mundial [2], ha llegado a un punto crítico. Según la Agencia Internacional de Energía, es preciso expandir masiva y sostenidamente las energías solar, eólica, hidroeléctrica, y otras renovables para cumplir con los objetivos establecidos en el Acuerdo de París sobre cambio climático [3]. En este contexto decisivo, la evaluación precisa del potencial energético renovable no es solo una prioridad, sino una piedra angular para el desarrollo de proyectos energéticos viables y sostenibles que nos

permitan avanzar hacia una descarbonización efectiva de la matriz energética mundial [4].

Ecuador, alineado con la tendencia global hacia la sostenibilidad energética, en la actualidad el 92% de la generación de energía proviene de centrales hidráulicas, el 7% de centrales térmicas y sólo el 1% de fuentes no convencionales (fotovoltaica, eólica, biomasa, biogás, geotermia, entre otras) [5]. Ecuador, además, posee una riqueza de recursos renovables, beneficiándose de su privilegiada ubicación ecuatorial y una geografía predominantemente montañosa [6]. Pese a esta ventaja natural, la estructura histórica de su matriz eléctrica ha estado dominada por el uso intensivo de fuentes fósiles y la implementación de grandes centrales hidroeléctricas [7]. En la última década, sin embargo, se han iniciado reformas significativas orientadas a promover el uso de energías renovables no convencionales [8]. A pesar de estos avances, existe una necesidad imperativa de realizar estudios más exhaustivos sobre el potencial de las energías renovables en localidades específicas del país [9]. Estos estudios son cruciales para acelerar la transición hacia un sistema energético más sostenible y respetuoso con el medio ambiente [10].

Malqui Machay está ubicado 0°44'14.6"S 79°03'49" W Via Pucayacu - Chugchilan Kilómetro 7 La Maná, se distingue por su clima cálido-húmedo, con una temperatura promedio de 22°C, y una topografía montañosa que brinda oportunidades únicas para la explotación de energías renovables [11], [12] Este estudio se enfoca en una evaluación técnico-económica del potencial de energías renovables en la región, abordando la viabilidad y las implicaciones de su aprovechamiento en un contexto de desarrollo sostenible [13], [14].

2. TRABAJOS RELACIONADOS

La estimación del potencial de energías renovables ha sido objeto de múltiples investigaciones a nivel global, regional y local. Varios autores han realizado análisis integrales del potencial renovable considerando diversas fuentes. Por ejemplo, un estudio a nivel mundial [15] evaluó el potencial solar, eólico, geotérmico, hidroeléctrico y de biomasa encontrando que estas fuentes podrían satisfacer la demanda energética global varias veces. Asimismo, investigaciones regionales [16], [17] analizaron el potencial eólico, hídrico y solar en Centroamérica estimando un alto potencial renovable sin explotar.

En Ecuador, los trabajos de [17], [18] y [19] estimaron el potencial nacional de energía solar, eólica e hidroeléctrica a pequeña escala. Sin embargo, se encuentra una limitada investigación a nivel local enfocada en el potencial renovable de áreas geográficas específicas. En la provincia de Cotopaxi, el estudio de [20] evaluó solo el potencial solar y eólico concluyendo que existen emplazamientos alto potencial.

3. METODOLOGÍA

Para estimar el potencial energético renovable en Malqui Machay, se implementó una metodología que combina análisis geoespacial y el empleo de fórmulas para la realización de los cálculos.

3.1. Procedimiento

Se utilizaron datos de radiación solar y patrones de viento obtenidos de satélites que todo el tiempo están recolectando información climatológicos desde el espacio y esta información es facilitado por la NASA [21].

3.1.1. Temperatura

Los datos obtenidos de temperaturas mínimas y máximas de la localidad se presentan a continuación en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1. Valores de temperaturas mínimas y máximas

Mes	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)
Enero	18,05	32,15
Febrero	18,59	33,79
Marzo	18,59	31,83
Abril	18,54	32,58
Mayo	18,15	32,42
Junio	17,26	33,19
Julio	16,77	34,30
Agosto	16,72	35,24
Septiembre	17,48	34,39
Octubre	17,00	34,71
Noviembre	17,08	34,48
Diciembre	17,94	35,52
Promedio Anual	17,68	33,47

La variabilidad de las temperaturas mínimas y máximas a lo largo del año se presenta en la Figura 1. El análisis técnico de estos datos es relevante para evaluar el potencial renovable, ya que la eficiencia de tecnologías como la solar fotovoltaica y la eólica depende fuertemente de las condiciones térmicas.

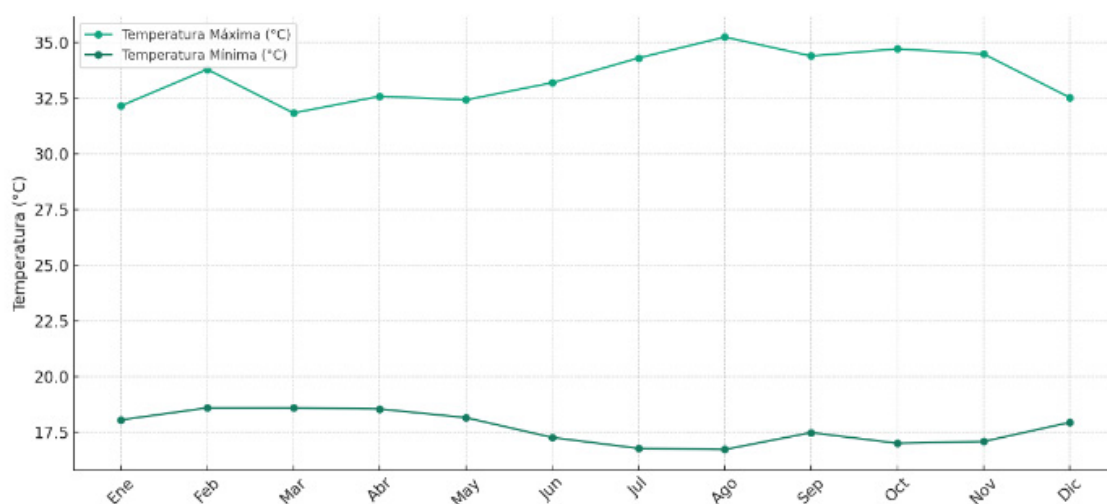


Figura 1. Valores de temperatura mínima y máxima de Malqui Machay

3.1.2. Solar

También se hizo la recopilación de datos de irradiación solar y se obtuvo la cantidad de irradiación diaria, que es la cantidad promedio de energía solar recibida por metro cuadrado y por día, y los cuales se muestran a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores de irradiancia solar promedio diaria

Mes	Irradiancia solar promedio diaria KWh/m ² /día
Enero	1,84
Febrero	1,89
Marzo	2,1
Abril	2,32
Mayo	1,99
Junio	1,87
Julio	1,96
Agosto	2,2
Septiembre	2,11
Octubre	1,9
Noviembre	2,12
Diciembre	1,87
Promedio anual	2,01

Con estos valores obtenidos se procederá a realizar la estimación del potencial energético diario de la localidad, utilizando la Ecuación 1.

$$E_{diaria} = H \times HSP \quad (1)$$

Donde, E_{diaria} Energía diaria por metro cuadrado

H Irradiancia solar promedio diaria KWh/m²/día

HSP representa las Horas Solares Pico para el entorno 6 horas

Para determinar el potencial energético mensual se utilizará la Ecuación 2.

$$E_{mensual} = E_{diaria} \times \text{días del mes} \quad (2)$$

3.1.3. Eólico

Se consideró los valores de la velocidad del viento a 10 metros, mostrados en la Tabla 3, ya que es un factor crítico en la evaluación del recurso eólico.

Con estos valores obtenido se aplicará la Ecuación 3, para realizar la estimación del potencial energético eólico en función de la velocidad del viento a 10 metros de altura.

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3 \quad (3)$$

Donde, P es la potencia medida en W

ρ es la densidad del aire

A es el área de barrido en m² si se utilizará generadores eólicos.

V^3 es la velocidad del viento en m³

Tabla 3. Velocidad del viento a 10 m

Mes	Velocidad del viento a 10 m. (m/s)
Enero	3,19
Febrero	3,04
Marzo	2,80
Abril	2,73
Mayo	2,78
Junio	2,79
Julio	2,91
Agosto	3,11
Septiembre	3,35
Octubre	3,29
Noviembre	3,12
Diciembre	3,16
Promedio anual	3,02

3.1.4. Biomasa

Para calcular el potencial energético derivado de la biomasa, se considerará el uso de residuos orgánicos [22]. Dada la abundancia de árboles y vegetación en la localidad, se estima que se generan aproximadamente 500 kilogramos de residuos vegetales y materiales similares. Esta cantidad será la base para estimar el potencial energético mensual, asumiendo una producción constante de residuos orgánicos a lo largo del año.

Para estimar el potencial energético que se puede obtener mediante la utilización de biomasa, es necesario seguir una serie de pasos establecidos. El primer paso implica calcular la producción total de biogás. Este cálculo se realizará de acuerdo con lo estipulado en la Ecuación 4 [23],[24].

$$\text{Producción de Biogas} = \text{Masa de Biomasa} \times \text{Producción de biogas por kg} \quad (4)$$

A continuación, determinaremos la energía total contenida en el biogás utilizando la Ecuación 5. Este paso es importante para comprender el valor energético total que se puede obtener de la biomasa.

$$\text{Energía Total} = \text{Producción de biogas} \times \text{Poder Calorífico del biogas} \quad (5)$$

3.2. Materiales

La georreferenciación se realizó utilizando el recurso “NASA Prediction of Worldwide Energy Resources” [21]. Esta herramienta proporciona mapas interactivos, aplicaciones y servicios de datos que describen condiciones meteorológicas variadas, incluyendo radiación solar, velocidad del viento y temperatura, entre otros. Destaca por la actualización diaria de la mayoría de sus productos de datos y por contar con registros históricos que se extienden a más de 35 años.

4. RESULTADOS

El análisis de las temperaturas mínimas y máximas en una localidad es crucial, ya que estas tienen un impacto significativo en diversos aspectos. Un ejemplo clave es la eficiencia de los paneles solares [25]. Las temperaturas extremas, especialmente el calor, pueden influir negativamente en

esta eficiencia. A medida que la temperatura aumenta, la eficiencia de conversión de un panel solar tiende a disminuir. Por tanto, conocer la temperatura máxima de una localidad es fundamental para diseñar sistemas solares capaces de mantener su eficiencia incluso bajo condiciones extremas, o para seleccionar tecnologías más adecuadas en climas más cálidos.

En la evaluación del potencial de la energía eólica, un factor clave es la densidad del aire, que influye directamente en la cantidad de energía que se puede extraer del viento [26]. Esta densidad varía con la temperatura: el aire más frío, al ser más denso, puede contribuir a una generación de energía eólica más eficiente. Por lo tanto, estimar las temperaturas mínimas y máximas es esencial para prever las variaciones estacionales en la eficiencia de las turbinas eólicas.

Las temperaturas extremas tienen un impacto significativo en la demanda de energía. Comúnmente, se asocian con un incremento en esta demanda, ya sea por la necesidad de calefacción durante el invierno o de refrigeración en el verano. Comprender y anticipar estas variaciones es crucial para planificar adecuadamente la capacidad de generación y almacenamiento de energía renovable, asegurando así que se pueda satisfacer eficientemente la demanda pico.

4.1. Análisis del potencial energético solar

Los resultados del estudio revelan un potencial significativo para el aprovechamiento de energía renovable en Malqui Machay. Mediante la utilización de la Ecuación 1, se estimó que el Potencial Energético Solar promedio anual es de 361,80 KWh/m² como se aprecia en la Tabla 4. Este cálculo tomó en cuenta el número de días de cada mes, permitiendo una estimación precisa del potencial energético solar, como se muestra en la Figura 1. Estos hallazgos sugieren un alto potencial para el desarrollo de proyectos de energía solar en la región.

Tras realizar la estimación mensual del potencial energético, obtuvimos resultados detallados que se presentan en la Figura 2. Esta visualización ofrece una clara comprensión de las variaciones mensuales del potencial energético.

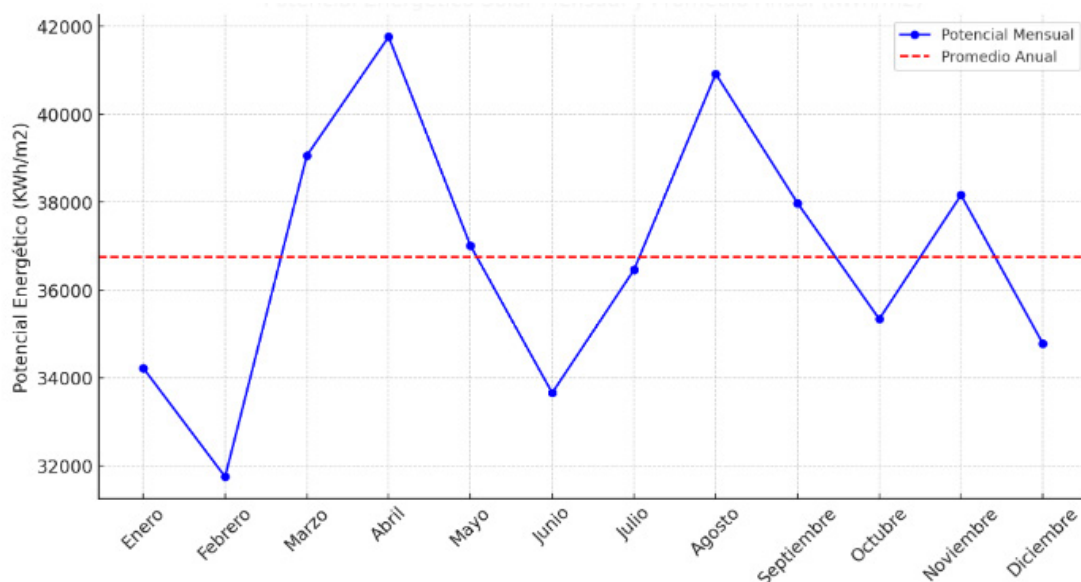


Figura 2. Potencial energético solar mensual por metro cuadrado

Los datos obtenidos se presentan detalladamente en la Tabla 4, proporcionando una vista clara y organizada de la información.

Tabla 4. Potencial energético solar mensual por metro cuadrado

Mes	Potencial energético solar mensual KWh/m²
Enero	342,24
Febrero	317,52
Marzo	390,60
Abril	417,60
Mayo	370,14
Junio	336,60
Julio	364,56
Agosto	409,20
Septiembre	379,80
Octubre	353,40
Noviembre	381,60
Diciembre	347,82
Promedio anual	361,80

4.2. Análisis del potencial energético eólico

Respecto al potencial eólico, nuestros análisis indican que las velocidades promedio del viento son de 17,15 m/s a una altura de 10 metros. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo para la generación de energía eólica. Los detalles de estos datos se muestran tanto en la Figura 3 como en la Tabla 5, ofreciendo una representación clara y detallada de las variaciones estacionales y geográficas del potencial energético de la región.

Tabla 5. Potencial energético eólico

Mes	Potencia por metro cuadrado W/m²
Enero	19,88
Febrero	17,21
Marzo	13,45
Abril	12,46
Mayo	13,16
Junio	13,30
Julio	15,09
Agosto	18,42
Septiembre	23,03
Octubre	21,81
Noviembre	18,60
Diciembre	19,33
Promedio anual	17,15

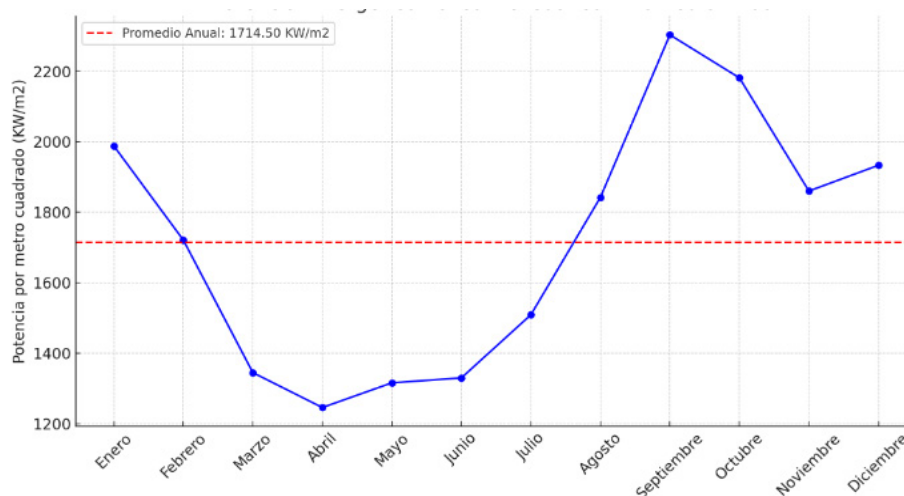


Figura 3. Potencial energético eólico

4.2. Análisis del potencial energético biomasa

En esta estimación, se contempla utilizar 500 kilogramos de materia orgánica, principalmente compuesta por hojas y materiales similares. Se ha adoptado un valor de $0,375 \text{ m}^3/\text{kg}$ para el volumen de gas producido, que es el promedio dentro del rango de $0,25$ a $0,50 \text{ m}^3/\text{kg}$. Asumiendo un poder calorífico de $6 \text{ kWh}/\text{m}^3$, se calcula un total de 1.125 kWh de energía generada. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos valores son estimativos y pueden variar según las características específicas de los residuos y las condiciones operativas del proceso de digestión anaeróbica.

4.2. Análisis del potencial geotérmico

Realizar una estimación completa del potencial geotérmico en Malqui Machay requeriría un extenso y costoso programa de exploración que incluya estudios geológicos, geofísicos, geoquímicos y de perforación [27]. Si bien esto brindaría una evaluación definitiva, los altos costos y el tiempo requerido podrían ser un factor determinante para realizar la estimación del potencial energético [28].

5. DISCUSIÓN

Los resultados del estudio corroboran un potencial renovable favorable en Malqui Machay, principalmente en energía solar. La velocidad de viento promedio anual a 10 m de altura alcanza $3,02 \text{ m/s}$, por debajo del óptimo de $3,5 \text{ m/s}$ requerido para generación eólica a gran escala. Por ende, a pesar de presentar un potencial eólico moderado, no se recomienda esta fuente para producción eléctrica significativa en el sitio. La irradiación solar anual de $361,8 \text{ kWh}/\text{m}^2$, obtenida a partir de bases de datos globales, se cataloga como un recurso óptimo para implementación de sistemas fotovoltaicos en distintas escalas.

En cuanto al recurso eólico, la velocidad promedio anual resulta insuficiente para parques de mediana o gran envergadura, que requieren $3,5$ - $4,5 \text{ m/s}$ según el aerogenerador. No obstante, podría evaluarse el uso de aerogeneradores de baja potencia ($<10 \text{ kW}$) en sistema aislados o híbridos. Se sugieren mediciones a mayor altura para identificar emplazamientos de mayor velocidad.

En cuanto a la biomasa, la disponibilidad de residuos orgánicos vegetales representa un recurso interesante para producir energía a partir de biomasa la estimación realizada sugiere

un moderado potencial energético utilizando 500 kg mensuales de residuos orgánicos, con una producción de biogás equivalente a 1.125 kWh. Si bien este valor es relativamente bajo, el uso de biomasa podría complementar otras fuentes renovables en un esquema híbrido. Se requieren más estudios para cuantificar el potencial geotérmico en la zona, Malqui Machay presenta condiciones prometedoras para la transición energética, particularmente en energía solar.

6. CONCLUSIONES

Los resultados del estudio realizado corroboran que el sitio Malqui Machay presenta un potencial renovable favorable, especialmente en energía solar fotovoltaica. La velocidad promedio anual del viento a 10 m de altura alcanza solo 3,02 m/s, insuficiente para la implementación de parques eólicos de mediana o gran escala, que requieren velocidades sobre 3,5 m/s.

Sin embargo, la irradiación solar anual de 361,8 kWh/m² obtenida de bases de datos globales, representa un excelente recurso para el desarrollo de sistemas fotovoltaicos para la implementación de microsistemas de generación eléctrica Off – Grid de algunos kW de capacidad.

Respecto a la energía eólica, si bien no es viable para generación masiva actualmente, podrían evaluarse aerogeneradores de baja potencia (<10 kW) para aplicaciones aisladas o híbridas. Se recomiendan estudios más detallados del recurso eólico a mayor altura.

En cuanto a la biomasa procedente de residuos orgánicos vegetales, se estima un potencial moderado equivalente a 1.125 kWh/mes, que podría complementar otras fuentes renovables en un esquema híbrido.

La realización de una estimación completa del potencial geotérmico en Malqui Machay implica un extenso y costoso programa de exploración, abarcando estudios geológicos, geofísicos, geoquímicos y de perforación. Aunque este enfoque proporcionaría una evaluación definitiva del potencial energético de la región, los altos costos y el tiempo requerido representan factores significativos que podrían influir decisivamente en la decisión de proceder con dicha estimación.

Con base a los resultados obtenidos sobre la estimación de potencial energético renovable se deduce que Malqui Machay se destaca como un emplazamiento estratégico de importancia energética para impulsar la transición energética en Ecuador, y a pesar de que los valores de energía estimada eólica y proveniente de la biomasa son menores en comparación con la solar fotovoltaica, la implementación de tecnologías híbridas podría optimizar el aprovechamiento del potencial renovable. La implementación de sistemas híbridos para el desarrollo de proyectos a gran escala en la región es fundamental para cumplir con las metas nacionales de reducir en un 7% la dependencia de centrales térmicas y de incrementar en más de un 1% el uso de energías renovables no convencionales en los próximos años. Esta sinergia entre estas fuentes de energía renovables no convencionales posicionaría a la región como un foco de atracción para inversiones y para la escalada rápida de implementación de tecnologías de energías limpias e innovadoras. En consecuencia, Malqui Machay se perfila como un pilar fundamental en la transición hacia una industria energética renovable robusta, eficiente y descarbonizada, alineada con los objetivos de sostenibilidad y mitigación del cambio climático a nivel nacional e internacional.

REFERENCIAS

- [1] “Global Warming of 1.5 °C —.” Accessed: Jan. 04, 2024. [Online]. Available: <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- [2] “Fossil Fuels | EESI.” Accessed: Jan. 04, 2024. [Online]. Available: <https://www.eesi.org/topics/fossil-fuels/description>

- [3] “Global Energy Review 2021 – Analysis - IEA.” Accessed: Nov. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021>
- [4] C. A. Smith y D. M. Hart, “The 2021 Global Energy Innovation Index: National Contributions to the Global Clean Energy Innovation System”, 2021.
- [5] Ministerio de Energía y Minas, “ECUADOR CONSOLIDA LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES” Accessed: Jan. 04, 2024. [Online]. Available: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes-renovables/>
- [6] F. N. Plaza, “Fuentes energéticas renovables en Ecuador. Perspectivas a futuro,” *Polo del Conocimiento*, vol. 7, no. 3, pp. 4–6, marzo, 2022. <https://orcid.org/0000-0002-0433-4724>
- [7] J. A. Vicente Reyes, “Evaluación general de la matriz energética ecuatoriana y el aporte de las energías renovables no convencionales a la descarbonización de la generación eléctrica con énfasis en el potencial geotérmico”, Tesis de Grado, Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, 2021.
- [8] J. Lata, C. Reyes y F. Jurado, “Attaining the energy sustainability: Analysis of the Ecuadorian strategy,” *Problemy Ekorozwoju*, Vol. 13, no. 1, pp. 21-29, enero, 2024.
- [9] J. M. Clairand, X. Serrano-Guerrero, A. González-Zumba, y G. Escrivá-Escrivá, “Techno-Economic Assessment of Renewable Energy-based Microgrids in the Amazon Remote Communities in Ecuador”, *Energy Technology*, vol. 10, no. 2, p. 2100746, octubre, 2021, <https://doi.org/10.1002/ente.202100746>
- [10] M. O. Amankwa, I. Musah-Surugu, G. Dagba, y P. Opoku, “S Scaling-up Renewable Energy Share of Global Energy Mix: Analysis of Spatial Variability,” 2020. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-71057-0_153-1
- [11] “Ruinas de Malqui - Machay.” Accessed: Nov. 12, 2023. [Online]. Available: <https://acortar.link/0jvgeJ>
- [12] B. Maier. (2021, Dic. 31). Malqui Machay, la morada de Atahualpa y el último espacio de la resistencia [Online]. Available: <https://revistamundodiners.com/malqui-machay-ultima-morada-atahualpa/>
- [13] O. Krishan y S. Suhag, “Techno-economic analysis of a hybrid renewable energy system for an energy poor rural community,” *J Energy Storage*, vol. 23, pp. 305–319, junio 2019. <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.04.002>
- [14] M. S. Eirin, D. Messina, R. Contreras, L. René, y S. Pavez, “Estudio sobre políticas energéticas para la promoción de las energías renovables en apoyo a la electromovilidad”. CEPAL, 2022.
- [15] P. A. Østergaard, N. Duic, Y. Noorollahi, y S. Kalogirou, “Renewable energy for sustainable development,” *Renew Energy*, vol. 199, pp. 1145–1152, Nov. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.09.065>
- [16] A. Dolezal, A. M. Majano, A. Ochs, y R. Palencia, “La Ruta hacia el Futuro para la Energía Renovable en Centroamérica: Evaluación de la Situación Actual, Mejores Prácticas, Análisis de Brechas”, Worldwatch Institute, 2013. [Online]. Available: <https://cdkn.org/sites/default/>

files/files/La-Ruta-hacia-el-Futuro-para-la-Energia-Renovable.pdf

- [17] J. Cevallos-Sierra and J. Ramos-Martin, “Spatial assessment of the potential of renewable energy: The case of Ecuador,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 81, pp. 1154–1165, enero 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.015>
- [18] A. Krysovaty, M. Zenovii, y I. Ivashchuk, “II International Scientific and Practical Conference students and young scientists,” pp. 94–96, 2023.
- [19] V. Minaya, P. L. Haro y M. J. Guerra, “Small hydro in Ecuador: Potential and prospects”, *Hydropower & Dams*, vol. 6, 2020.
- [20] D. Jiménez, Á. Jaya, D. Lagla, C. Chasi, A. Roberto Salazar y P. Zurita, “An Optimization Model Assessment for the Economic Dispatch of Isolated Microgrids”, 2022 IEEE Sixth Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM), Quito, 2022, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/ETCM56276.2022.9935730>
- [21] “POWER | Data Access Viewer.” Accessed: Nov. 09, 2023. [Online]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- [22] A. R. Pascual, E. E. Víctor, C. Martín, M. Broda, D. J. Yelle, y K. Serwá Nska, “Bioethanol Production from Lignocellulosic Biomass—Challenges and Solutions,” *Molecules* 2022, vol. 27, no. 24, p. 8717, diciembre 2022. <https://doi.org/10.3390/molecules27248717>
- [23] A. Nsair, S. O. Cinar, A. Alassali, H. A. Qdais, y K. Kuchta, “Operational Parameters of Biogas Plants: A Review and Evaluation Study,” *Energies*, vol. 13, no. 15, pp. 3761, Julio. 2020. <https://doi.org/10.3390/en13153761>
- [24] A. Wanjohi (2023, marzo, 2). Fixed Dome Biogas Plant Size and Gas Amount Calculations. [Online]. Available: <https://www.kenpro.org/fixed-dome-biogas-plant-size-and-gas-amount-calculations/>
- [25] J. Balent, M. Topič, y J. Krč, “A simulation study of temperature effects on performance parameters of silicon heterojunction solar cells with different ITO/a-Si:H selective contacts,” *Opto-Electronics Review*, vol. 30, pp. 1-13, febrero 2022. <https://doi.org/10.24425/opelre.2022.140557>
- [26] C. Sequeira, A. Pacheco, P. Galego, y E. Gorbeña, “Analysis of the efficiency of wind turbine gearboxes using the temperature variable”, *Renew Energy*, vol. 135, pp. 465–472, mayo 2019. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.040>
- [27] S. Jacko, Z. Babicová, A. D. Thiessen, R. Farkašovský y V. Budinský, “The Use of Multi-Geophysical Methods to Determine the Geothermal Potential: A Case Study from the Humenné Unit (The Eastern Slovak Basin),” *Applied Sciences*, vol. 12, no. 5, pp. 1-18, marzo 2022. <https://doi.org/10.3390/app12052745>
- [28] T. S. Lowry, “Understanding Uncertainty in Geothermal Energy Development Using a Formalized Performance Assessment Approach”, Sandia National Laboratories, 2021. [Online]. Available: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1891084>

Copyright (2023) © Kenny Jair Medina Coro, Alex Darwin Paredes Anchatipán.

Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Usted es libre para compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. También podrá adaptar: remezclar, transformar y construir sobre el material. [Ver resumen de la licencia.](#)

