

## Producción de energía eólica en Ecuador



### *Wind energy production in Ecuador*

Ángel Germán Párraga Palacios.<sup>1</sup>, Sney Alexander Intriago Rodríguez.<sup>2</sup>, Evelyn Denisse Velasco Fuentes.<sup>3</sup> Victoria Mariuxi Cedeño Quinto.<sup>4</sup> Néstor Lizardo Murillo Párraga<sup>5</sup> & Freddy Eli Zambrano Gavilanes.<sup>6</sup>

Recibido: 02-04-2019 / Revisado: 15-05-2019 / Aceptado: 16-06-2019/ Publicado: 05-07-2019

#### **Abstract.**

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.610>

The purpose of this investigation was to determine the production of wind energy in Ecuador, according to the generation of wind energy produced in the Ecuadorian state, it allows to know the level of security for the supply of electricity; by means of which the supply of consumption is guaranteed for the different activities required by society. The development of the electrical matrix is based on the accessibility to different sources, as long as there is an adequate level of availability of the state. However, in any country there are political, economic and environmental moments that determine the level of energy security tacitly. Meanwhile, rural communities without access to electricity meet their lighting and social communication needs with alternative sources. All the studies have shown that the income of the wind power generators decreases the cost in the market with the increase of its deployment; This fall in value is observed mainly in the states where the main source of energy is thermal. The modelers of energy systems require a series of high-resolution times of wind energy production, as their variable and unpredictable nature plant increasing challenges for the world's electricity

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Manabí, Instituto de Posgrado, Facultad de Ingeniería Agrícola, Portoviejo, Ecuador. anger\_94@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidad Técnica de Manabí, Instituto de Posgrado, Facultad de Ingeniería Agrícola, Portoviejo, Ecuador. sneyintriago@hotmail.com

<sup>3</sup> Universidad Técnica de Manabí, Instituto de Posgrado, Facultad de Ingeniería Agrícola, Portoviejo, Ecuador. evedvf@hotmail.com

<sup>4</sup> Universidad Técnica de Manabí, Instituto de Posgrado, Facultad de Ingeniería Agrícola, Portoviejo, Ecuador. vcedenoregion5@gmail.com

<sup>5</sup> Universidad Técnica de Manabí, Instituto de Posgrado, Facultad de Ingeniería Agrícola, Portoviejo, Ecuador. nestor-yankees@hotmail.com

<sup>6</sup> Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agronómica, Portoviejo, Ecuador. freddyzg\_86@hotmail.com/ fezambrano@utm.edu.ec

system. Ecuador and the continent require solutions to conserve their existing exhaustionable natural resources and one of them is to replace the production of energy that currently uses non-renewable sources by inexhaustible or renewable sources.

**Keywords:** Renewable Energy, Natural Resources, Wind Turbines, Electricity.

### **Resumen.**

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la producción de energía eólica en el Ecuador, de acuerdo a la generación de la energía eólica producida en el estado ecuatoriano, permite conocer el nivel de seguridad para el suministro de energía eléctrica; por medio que se garantiza el abastecimiento del consumo para las diferentes actividades requeridas por la sociedad. El desarrollo de la matriz eléctrica se basa en la accesibilidad a las diferentes fuentes, siempre y cuando se cuente con un adecuado nivel de disponibilidad del estado. Sin embargo, en cualquier país existen momentos, políticos, económicos y ambientales que determinan la manera tácita el nivel de seguridad energética. Mientras tanto las comunidades rurales sin acceso a la electricidad satisfacen sus necesidades de iluminación y comunicaciones sociales con fuentes alternativas. Todos los estudios han demostrado que los ingresos de los generadores de energía eólica disminuyen el costo en el mercado con el aumento de su despliegue; esta caída de valor se observa principalmente en los estados donde la principal fuente de energía es la térmica. Los modeladores de sistemas de energía requieren serie de tiempos de alta resolución de la producción de energía eólica, como su variable y la naturaleza impredecible planta desafíos cada vez mayores para el sistema de electricidad del mundo. El Ecuador y el continente requiere de soluciones para conservar sus recursos naturales agotable existente y una de ella es sustituir la producción de energía que actualmente se utiliza fuentes no renovables por las fuentes inagotables o renovables.

**Palabras claves:** Energía Renovable, Recursos Naturales, Aerogeneradores, Electricidad.

### **Introducción.**

Las fuentes de energía, se clasifican como renovables y no renovables (Staffell y Pfenninger, 2016). Entre las primeras se encuentra la energía eólica, hidráulica, geotérmica, mareomotriz, solar y las energías de la biomasa (bioetanol, combustión directa de biomasa leñosa, combustión con gasificación, la pirólisis y la producción de gas por biodigestión anaeróbica). Dentro de las energías no renovables se encuentra el petróleo, el gas natural y la energía nuclear; siendo el petróleo la principal fuente de energía (Vázquez, y Dacosta, 2007).

Las energías renovables ofrecen la posibilidad de generar electricidad y calor prácticamente sin emisiones, a bajos precios de operación y de manera sustentable, en conjunto con esto, cada país tiene un lógico interés aprovechar sus recursos renovables locales; en el caso de Noruega y de Brasil, debido a su topografía favorable, suministraron respectivamente el 96% y el 84% de la demanda doméstica con energía hidráulica en el 2009, mientras que España ha evolucionado como uno de los países líderes en las áreas de energía solar y eólica (Corral, et al., 2016).

La sostenibilidad del suministro de energía del mundo depende fuertemente de la exitosa integración de fuentes renovables. Fuentes de energía renovable variables (FERV) como la energía eólica y solar energía, prometen ser elementos clave en futuros sistemas de energía. En orden para entender y diseñar los futuros sistemas energéticos con cuotas dominantes de FERV, es necesario que dejar que el clima decida (Ackermann, 2005).

El inicio de la generación de energía eléctrica tuvo su inicio en Ecuador en el año 1897 cuando llegaron generadores desde el país vecino Perú, los cuales fueron llevados hasta Loja, pero no fue hasta dos años más tardes (1 de abril 1899) que la ciudad tuviera sus calles alumbradas, 76 años más tarde en 1973, se constituye la Regional del Sur S.A. EERSSA. Desde el periodo de 1897 a 1961 fue el periodo de privatización y la municipalización de la energía que fue donde el Sector Eléctrico (SE) pasó a manos de los municipios (Centeno et al., 2018; Oscullo y Romero 2018). Debido a una mala administración surge el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL) el 23 de mayo de 1961, como institución Pública del Manejo del SE, según la Ley Básica de electrificación (LBE), fue la entidad encargada de Planificar, construir, operar y regular la aprobación de tarifas eléctricas, además fue accionista mayoritario de casi todas las empresas encargadas de distribuir la energía eléctrica en el país, excepto EMELEC, ELECTROQUIL y ELECRO QUITO (Aldana, 2018).

La participación de las energías renovables en la matriz energética del Ecuador considera los siguientes aspectos; generación de electricidad, a través del aprovechamiento de recursos naturales en proyectos hidroeléctricos, eólicos, biomasa (co-generación) y solares (fotovoltaicos); la obtención de gas combustible (biogás), utiliza residuos orgánicos producidos por la agroindustria; el uso de biocombustibles para el transporte, a través de la sustitución parcial del consumo de la gasolina extra con etanol (proyecto piloto en la ciudad de Guayaquil); d) calentamiento de agua con energía solar, para reemplazar el uso de electricidad o de gas licuado de petróleo (Álvarez, et al., 2016).

En Ecuador, estudios realizados por Centeno et al. (2018), manifiestan que la actualidad el ecosistema es el más afectado con el sistema de generación eléctrica existente en el país, convirtiendo entonces el tema de la energía, es un sector estratégico para el gobierno ecuatoriano. Para modificar el tema de generación eléctrica, se han desarrollado varios proyectos, hidráulicos fundamentalmente, entre los que se destacan coca codo Sinclair, Manduriacu, Minas San Francisco, Quijos, entre otros.

De acuerdo al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable - MEER, la energía eólica en el Ecuador, está siendo aprovechada en la Isla San Cristóbal con una capacidad de 2,4 MW. Así mismo en la provincia de Loja, en el cerro Villonaco, con una potencia instalada de 16,5 MW. Además del proyecto recientemente inaugurado en la Isla Baltra con una capacidad de 2,25 MW. A través del MEER, gracias a los últimos veinte años de progreso tecnológico, han desarrollado el “Atlas Eólico del Ecuador”, el cual se ha elaborado mediante mapeo satelital, y permite conocer las zonas potenciales para el aprovechamiento energético en el Ecuador. Esta información constituye un valioso aporte para los sectores productivos público y privado del país con la finalidad de promover la inversión e investigación en el uso de la energía eólica como fuente energética renovable y no contaminante (Reyes et al., 2016).

Así el presente trabajo de revisión de literatura tiene la finalidad dar a conocer como el desarrollo de la producción de energía eólica en el Ecuador.

### **A. Marco legal en el Ecuador**

Para establecer el marco legal e institucional de las energías renovables en el Ecuador es necesario mencionar la política nacional bajo la cual se desarrollan los recursos energéticos, que tienen como su origen la Constitución de la República (República del Ecuador, 2008), entre sus articulados considera la promoción y uso de las energías renovables, que se transcriben a continuación:

“Artículo 15.- El Estado promueve en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanza en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afecta el derecho al agua.”

En otros artículos de la Constitución como en el 313 se establece que “el Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.”

El Estado promueve la eficiencia energética y el uso de las tecnologías limpias y de las energías renovables, no afecta la soberanía alimentaria ni el equilibrio de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Además, el estado ejerce una política de descentralización y participativas hacia los gobiernos autónomos para que desarrollen programas de uso racional de agua y de reducción, reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos (República del Ecuador, 2008). Adicionalmente, el MEER en el año 2008 elabora el documento denominado Políticas Energéticas del Ecuador 2008 - 2010, en el que se destacan las siguientes políticas de Estado para el desarrollo sustentable del sector energético, relacionadas con las energías renovables:

- Impulsar un modelo de desarrollo energético con tecnologías ambientalmente amigables.
- Formular y llevar adelante un Plan Energético Nacional, que defina la expansión optimizada del sector en el marco de un desarrollo sostenible.
- Promover el desarrollo sustentable de los recursos energéticos e impulsar proyectos con fuentes de generación renovable (hidroeléctrica, geotérmica, solar y eólica) y de nueva generación eléctrica eficiente, incluye la nuclear, excluye la generación con base en el uso del diésel.
- Reducir el consumo de combustibles en el transporte mediante la sustitución por gas natural comprimido GNC, electricidad y la introducción de tecnologías híbridas.

Adicionalmente, se detallan las políticas para el desarrollo de biocombustibles, fomento del biogás, e impulso y desarrollo de la energía geotérmica (República del Ecuador. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2008).

Es por ello que el MEER como órgano rector del sector eléctrico, tiene la tarea de diversificar las fuentes de producción de energía del país, que se hace menos dependiente del petróleo como materia prima fundamental para lograr el cambio de la matriz energética del país, impulsa a la ejecución de proyectos que contribuye al desarrollo de una matriz energética sustentable basada en una proporción mayor de energías renovables. Se logra con ello producciones más limpias.

Entre las energías no convencionales con mayor potencialidad en el Ecuador se encuentra: la energía solar, la biomasa, la geotermia y la eólica, existen estudios y proyectos sobre el uso de estos tipos de energías. Por supuesto que la energía hidráulica representa el aporte fundamental a este tipo en el Ecuador.

En el año 1996 se aprueba la Ley de régimen del sector eléctrico. En la misma se establece que el Estado fomenta el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones privadas.

En el Capítulo XI, Artículo 67 de la misma ley, se incluyen ciertas ventajas arancelarias, así como exoneraciones del Impuesto a la Renta para incentivar la producción energética basada en energía renovable como solar, eólica, geotérmica, biomasa, entre otras.

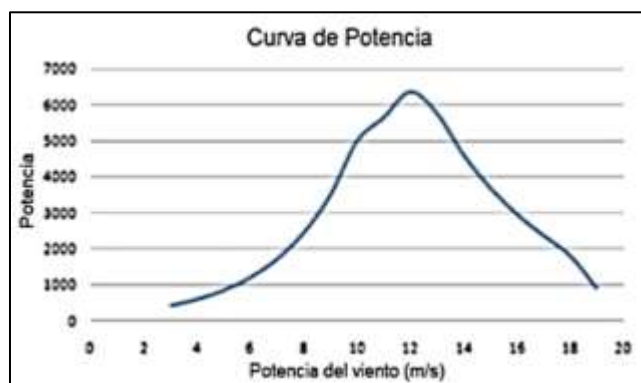
Esta ley determina un esquema desintegrado, tanto a nivel horizontal como vertical, en la que permanece la mayoría de las empresas de carácter estatal y con participación privada sobre todo en la generación.

La Tecnología de energía eólica y la investigación de fiabilidad en electrónica de potencia ha sido realizada. Fabricantes de dispositivos electrónicos de potencia tales como semiconductores de potencia, o condensadores han desarrollado sus modelos de fiabilidad,

que normalmente se basan en pruebas aceleradas o de envejecimiento, y son capaces de transferir ciertos ciclos térmicos de componentes, en la información de vida correspondiente. Sin embargo, el mapeo correcto de un perfil de misión de convertidor en un perfil de carga específica de componentes electrónicos de potencia es una tarea desafiante: por ejemplo, en el sistema de energía eólica, varios cambios dinámicos de las velocidades del viento o de la temperatura ambiente. (Ma, Liserre, Blaabjerg y Kerekes, T. 2015).

## B. Generador Eólico

El generador eólico es un generador que convierte la energía cinética del viento en trabajo mecánico. La curva de potencia del generador describe la relación entre la variable de entrada de la velocidad del viento en m/s y la variable de salida de la potencia eléctrica en W, como se muestra en el gráfico 1. La hoja de datos del generador de viento proporciona los parámetros que se utilizan para modelar el dispositivo (Panahandeh et al., 2011).



**Figura 1.** Curva de potencia de un generador de 5 Kw.  
**Fuente:** Panahandeh et al., 2011.

Existen tres factores que determinan la potencia de una turbina (Thapar et al., 2011):

- La distribución del viento donde la turbina sea instalada, por tanto, se debe elegir un sitio con un buen potencial de energía eólica. Ya que la velocidad del viento varía, incluso de segundo a segundo, se utiliza una función de distribución de probabilidades de Weibull, la cual describe la velocidad del viento más adecuada.
- La altura de la turbina. Existen muchas relaciones que se utilizan para encontrar la variación del viento a una altura determinada. Ya que son muy complejas, se utilizan expresiones mucho más simples, que, aunque no son exactas, sus aproximaciones son satisfactorias.
- La curva de potencia eléctrica de salida. Esta información la genera y proporciona el fabricante, ya que cada generador cuenta con diferente diseño y clasificación.



### **Energía Eólica en el Ecuador**

El desarrollo e implementación de fuentes de energía renovable mediante sistemas de generación de energía eólica llevada a cabo por el consorcio Blue Power & Energy para producir electricidad mediante S.A. viene a contribuir a la disminución de emisión de dióxido de carbono y de gases de efecto invernadero generado por las fuentes de energía provenientes de hidrocarburos. Estimando que, en la actualidad, la energía eólica es utilizada principalmente para producir electricidad mediante aerogeneradores conectados a las grandes redes de distribución de energía eléctrica. Los parques eólicos construidos en tierra suponen una fuente de energía cada vez más barata y competitiva, favoreciendo a la sociedad y su economía (Aldana et al., 2018).

En contraposición cada vez más se generaliza la utilización de las llamadas fuentes de energía renovables que hacen uso de recursos prácticamente inagotables: la radiación solar, la fuerza eólica, los saltos de agua, los combustibles vegetales. Las energías renovables han constituido una parte importante de la energía utilizada por los seres humanos desde tiempos remotos, especialmente la solar, la eólica y la hidráulica. La navegación a vela, los molinos de viento o de agua y las disposiciones constructivas de los edificios para aprovechar la del sol, son buenos ejemplos de ello. Ya en las civilizaciones griegas y romanas, y luego en el Medioevo, eran difundidos en Europa los molinos de viento. En la actualidad los que apoyan el uso de las energías renovables tratan de darle un nuevo impulso a este tipo de energía extremadamente prometedora.

También se puede obtener energía a través de los sistemas híbridos como los HRES (Sistemas de Energía Híbridos Renovables, por sus siglas en inglés) integran dos o más generadores de energía, y en la mayoría de los casos se utilizan generalmente fuera de la red eléctrica. Generalmente se utiliza un generador convencional alimentado con diésel, junto con un generador asociado a una fuente de energía renovable como; la solar, eólica, o incluso solar-eólica. El costo inicial en los sistemas a base de energía solar o eólica son mayores que un generador a base de diésel, sin embargo, los costos en mantenimiento y operación, se reducen drásticamente para los sistemas de energías renovables. Los sistemas híbridos deben de llenar el criterio de modularidad, robustez y simplicidad, además de requerir bajo mantenimiento. Estos combinan los sistemas de fuentes alternativas junto con baterías para almacenamiento de energía, que se utilizan para almacenaje de energía, y equipo de condicionamiento de potencia, que se utilizan para mantener la calidad de la potencia de energía (Yamegueu et al., 2011).

Modelos de sistemas de energía como WeSIM, Plexos y ANTARES, además de modelos de sistemas energéticos como los tiempos, PRIMES y EnergyPLAN requieren datos externos para representar la Contribución del viento, ya que no se puede controlar y no se envía. Demostramos una técnica utilizando análisis sin reducción de escala y características muy limitadas del parque eólico, que es capaz de representar muy bien la producción nacional de

flotas En toda Europa con el uso de simples factores de corrección (Staffell y Pfenninger, 2016).

El atlas se aplica para producir 32 años de duración. Modelos horarios de energía eólica de Dinamarca para cada histórico y futuro, año entre 1980 y 2035. Estos son calibrados y validados contra reales datos de producción del período 2000 a 2010. El alto número de años permite discutir cómo varían las características de la generación eólica danesa. entre los años meteorológicos individuales. Como ejemplo, la producción anual de energía, se encuentra que varía en un 10% de la media. Además, mostramos cómo el cambio en el patrón de producción a medida que las pequeñas turbinas en tierra se reemplazan gradualmente por grandes turbinas en tierra y costa, finalmente, comparamos nuestro tiempo de energía eólica. Series para 2020 a los datos correspondientes de un puñado de sistema energético danés (Andresen et al., 2015).

La participación de las energías renovables en la matriz energética del Ecuador considera los siguientes aspectos: a) generación de electricidad, a través del aprovechamiento de recursos naturales en proyectos hidroeléctricos, eólicos, biomasa (con-generación) y solares (fotovoltaicos); b) obtención de gas combustible (biogás), utiliza residuos orgánicos producidos por la agroindustria; c) uso de biocombustibles para el transporte, a través de la sustitución parcial del consumo de la gasolina extra con etanol (proyecto piloto en la ciudad de Guayaquil); d) calentamiento de agua con energía solar, para reemplazar el uso de electricidad o de gas licuado de petróleo (Álvarez et al., 2016).

En el Ecuador se han instalado otros 11 aerogeneradores en parque eólico Villonaco. La puesta en marcha de los once aerogeneradores en el parque eólico Villonaco y la generación de energías renovables integran la primera etapa del megaproyecto de entregar energía a la comunidad, a través de energía eólica.

El siguiente paso es la construcción del Membrillo- Ducal y el Guarapamba; en el primero, se prevé generar más de 50 megavatios; y, segundo, alrededor de 45 megavatios. Enith Carrión, jefa de la Central Eólica, explicó que se trabaja en el perfil de la Secretaría Nacional de Planificación (Senplades).

Existen estudios básicos de los dos proyectos eólicos a implementarse, que se refuerzan con la exigencia de la Senplades para dar luz verde a la construcción ya sea en el 2015 o 2016. “Es un reto para nosotros, pero creo que tenemos una gran experiencia con la construcción del Villonaco”, dijo Enith Carrión, quien enfatizó que es un plan con características únicas a nivel del mundo.



Dentro de los nuevos proyectos que se involucra el Villonaco está la campaña “Ecuador cambia contigo” de la Vicepresidencia, que tiene tres ejes: Ecuador innova, produce y piensa verde, que se orientan al cambio de la matriz productiva.

La central energética del país está inmersa en el tercer ítem, con la misión de producir electricidad a través del viento para aportar al cambio de la matriz y del pensamiento de los ecuatorianos. La Corporación Eléctrica del Ecuador (Celec), tiene la visión de no solo exportar la materia prima, sino productos con valor agregado.

En octubre de 2007 se inauguró el parque eólico de las Galápagos, en la isla San Cristóbal, con una potencia eólica instalada de 2,4 MW y una producción anual estimada de 3,2 GWh. Hasta el momento es el único parque eólico en funcionamiento en Ecuador. El proyecto eólico fue financiado en un 80% por organismos internacionales, el G8 y el programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP), y en un 20% por Elecgalapagos y el municipio de San Cristóbal.

Hoy se están desarrollando dos parques eólicos. En la provincia de Loja, en un lugar con una velocidad promedio del viento de 12 m/s, se está desarrollando el Proyecto Eólico Villonaco, de 15 MW. Este parque eólico entrará en funcionamiento este mismo año.

El parque eólico Minas de Huascachaca, estará compuesto por 20 aerogeneradores de 1,5 MW situados a 84 kilómetros al suroeste de la ciudad de Cuenca, en un área que se extiende por las provincias de Azuay y Loja.

La velocidad promedio del viento es de 5.9 m/s, mientras que las velocidades mayores se registran entre julio y septiembre. El área del proyecto se encuentra a unos 1.100 metros sobre el nivel del mar.

El diseño definitivo debiera quedar terminado en octubre. La electricidad generada se despachará a la red nacional a través de una subestación operada por Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

En la provincia de Imbabura existe un proyecto para instalar un parque eólico en la parroquia Salinas, con el respaldo de la Empresa Eléctrica Regional Norte y la empresa operadora electro viento, quienes ya cuentan con los estudios de viabilidad, conexión eléctrica e impacto ambiental definitivo. El proyecto supondrá una inversión de 22 millones de dólares y tendrá una potencia eólica inicial de 10 MW. Este parque eólico estará en funcionamiento este año. La capacidad eólica instalada en Ecuador llegará a 27,4 MW a finales de este año, superando a varios países latinoamericanos. El objetivo del gobierno es alcanzar los 200 MW en un plazo de 5 años.

### Conclusiones.

- Las políticas sobre las energías renovables en el Ecuador establecen los requisitos básicos y las condiciones preferentes para la producción de este tipo de energías no convencionales en el sector eléctrico ecuatoriano.
- El estado ecuatoriano promueve al sector público y privado al uso de tecnologías ambientales limpias y de energías alternativas no contaminantes de bajo impacto y la eficiencia energética a todo nivel a través de sus políticas de estado.
- Los proyectos eléctricos que usan energías renovables van a evitar que se expulse al medio ambiente millones de toneladas de CO<sub>2</sub> por año.
- En la actualidad casi toda la población del estado ecuatoriano cuenta con acceso a la electricidad, lo que convierte a Ecuador líder energético en América Latina.

### Referencias bibliográficas.

- Ackermann, T. (Ed.). (2005). Wind power in power systems. John Wiley & Sons.
- Aldana, F. A. O., & Ortiz, P. C. (2018). Generación de Energía Eólica por la Empresa Blue Power & Energy SA. *Revista Senderos Universitarios*, (03), 36-44.
- Álvarez, C., Felipe, P., González González, D., Alemán, P., & Grey, J. (2016). Energías renovables y medio ambiente: su regulación jurídica en Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(3), 179-183.
- Andresen, GB, Søndergaard, AA, y Greiner, M. (2015). Validación de series temporales de viento danés a partir de un nuevo atlas global de energía renovable para el análisis del sistema energético. *Energía*, 93, 1074-1088.
- Centeno, J. E. M., Molina, L. A. V., & Castillo, G. L. (2018). Los Diferentes Costos que Tiene la Energía Eléctrica en el Ecuador Considerando los Cambios de la Estructura Actual. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT* ISSN: 2588-0721, 3(2), 29-36.
- Corral, C. P., Villalba, L. A. G., Caberta, R. Ñ., & Valenzuela, R. A. (2016). Diseño de un sistema Híbrido eólico solar para suministro de energía eléctrica a zona rural en el estado de Chihuahua. *Culcyt*, (54).
- Hirth, L. (2016). The benefits of flexibility: The value of wind energy with hydropower. *Applied Energy*, 181, 210-223.
- Ma, K., Liserre, M., Blaabjerg, F., & Kerekes, T. (2015). Thermal loading and lifetime estimation for power device considering mission profiles in wind power converter. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 30(2), 590-602.
- Oscullo, J., & Romero, L. (2018). Determinación de la Rosa de Robustez para la Matriz Eléctrica del Ecuador. *Revista Politécnica*, 41(2), 15-22.

- Panahandeh, B., Bard, J., Outzourhit, A., & Zejli, D. (2011). Simulation of PV–Wind-hybrid systems combined with hydrogen storage for rural electrification. *International journal of hydrogen energy*, 36(6), 4185-4197.
- Reyes, M. E., Pineda, K. C., Córdova, R. L., & Briones, M. D. S. (2016). La formación práctica del ingeniero eléctrico en la universidad laica eloy alfaro de manabí. Experiencias con el uso de un simulador de energía eólica. *Refcale: Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*. ISSN 1390-9010, 3(3), 73-88.
- Rodríguez, RA, Becker, S., Andresen, GB, Heide, D., y Greiner, M. (2014). Necesidades de transmisión a través de un sistema eléctrico europeo completamente renovable. *Energía renovable*, 63 , 467-476.
- Staffell, I., & Pfenninger, S. (2016). Using bias-corrected reanalysis to simulate current and future wind power output. *Energy*, 114, 1224-1239.
- Thapar, V., Agnihotri, G., & Sethi, V. K. (2011). Critical analysis of methods for mathematical modelling of wind turbines. *Renewable Energy*, 36(11), 3166-3177.
- Vázquez, H. J., & Dalberto, O. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 8(4), 249-259.
- Wizelius, T. (2015). *Developing wind power projects: theory and practice*. Routledge.
- Yamegueu, D., Azoumah, Y., Py, X., & Zongo, N. (2011). Experimental study of electricity generation by Solar PV/diesel hybrid systems without battery storage for off-grid areas. *Renewable energy*, 36(6), 1780-1787.

**PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.**

Párraga Palacios, Ángel, Intriago Rodríguez, S., Velasco Fuentes., E., Cedeño Quinto, V., Cedeño Quinto, V., Murillo Párraga, N., & Zambrano Gavilanes, F. (2019). Producción de energía eólica en Ecuador. *Ciencia Digital*, 3(3), 22-32. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.610>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.

