

**Economía circular en la industria eólica: impacto de reutilización y reciclaje de componentes.
Circular economy in the wind industry: impact of reuse and recycling of components.***Prias Trejo Kevin Yordi, Ing. Angie Yesenia Sánchez***INNOVACIÓN Y CONVERGENCIA:
IMPACTO MULTIDISCIPLINAR****Enero - Junio, V°6 - N°1; 2025**

- ✓ **Recibido:** 12 /01/2025
- ✓ **Aceptado:** 18/02/2025
- ✓ **Publicado:** 30/06/2025

PAÍS

- Ecuador – Santo Domingo de los Tsáchila
- Ecuador – Santo Domingo de los Tsáchila

INSTITUCIÓN

Instituto Superior Tecnológico Tsáchila.
Instituto Superior Tecnológico Tsáchila

CORREO:

-  kevinpriastrejo@tsachila.edu.ec
-  angiesanchez@tsachila.edu.ec

ORCID:

-  <https://orcid.org/0009-0007-8570-9770>
-  <https://orcid.org/0009-0006-7034-4943>

FORMATO DE CITA APA.

Prias, K. Sánchez, A. (2025). Economía circular en la industria eólica: impacto de reutilización y reciclaje de componentes. Revista G-ner@ndo, V°6 (N°1). 1341 – 1351.

Resumen

El sector eólico es fundamental en el impulso de las energías renovables, pero también enfrenta el desafío de gestionar los residuos generados por sus componentes. Esta investigación descriptiva tiene como objetivo analizar las prácticas actuales de economía circular dentro de la industria eólica, también explora las oportunidades y desafíos para implementar estrategias sostenibles. Además, el reciclaje y la reutilización de componentes son esenciales para reducir los desechos y optimizar el uso de los recursos disponibles. Estas acciones no solo prolongan la vida útil de elementos clave, como las aspas, sino que también transforman los residuos en nueva materia prima, reduciendo así el impacto ambiental. Además, el uso de tecnologías como la pirólisis y el reciclaje químico facilita la recuperación de materiales valiosos, lo que contribuye a disminuir la dependencia de la extracción de materias primas. Estas prácticas no solo tienen beneficios ambientales, sino también económicos, al optimizar costos y fomentar la innovación en el sector; por ello se ha llegado a la conclusión de que la industria eólica se destaca por integrar soluciones sostenibles que contribuyen a una economía circular, consolidándose como un referente en la lucha contra el cambio climático y en la transición hacia un modelo de producción más responsable.

Palabras Clave: Economía circular, Industria Eólica, Reutilización, Reciclaje, Impacto ambiental.

Abstract

The wind sector is fundamental in promoting renewable energies, but it also faces the challenge of managing the waste generated by its components. This descriptive research aims to analyze current circular economy practices within the wind industry, and explores the opportunities and challenges for implementing sustainable strategies. In addition, recycling and reusing components are essential to reduce waste and optimize the use of available resources. These actions not only prolong the useful life of key elements, such as blades, but also transform waste into new raw material, thus reducing the environmental impact. In addition, the use of technologies such as pyrolysis and chemical recycling facilitates the recovery of valuable materials, which contributes to reducing dependence on the extraction of raw materials. These practices not only have environmental benefits, but also economic benefits, by optimizing costs and encouraging innovation in the sector; therefore, it has been concluded that the wind industry stands out for integrating sustainable solutions that contribute to a circular economy, consolidating itself as a reference in the fight against climate change and in the transition towards a more responsible production model.

Keywords: Circular economy, Wind industry, Reuse, Recycling, Environmental impact.

Introducción

El sector eólico tiene una función esencial en el campo de la energía renovable; sin embargo, este avance ha generado un problema significativo en la administración de los residuos y desechos generados por sus componentes. Igualmente, a medida que transcurre el tiempo, las palas y otros componentes de las turbinas eólicas se tornan inservibles, lo que produce una considerable cantidad de desechos que no se administran de manera sostenible.

Es fundamental señalar que, en los últimos años, las ventajas de incorporar la economía circular en la industria eólica son cruciales. Así, Espinoza (2023), menciona que “la economía circular no tiene como fin el reciclaje, ya que considera los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida de un producto y los integra a un ciclo biológico y técnico desde su concepción” (pág. 109). De este modo, fomentan un uso responsable de manera efectiva y sostenible en todos sus recursos.

Debido a estas razones, este estudio es cualitativo, centrado fundamentalmente en reciclar y poder reutilizar en el sector eólico mediante la economía circular, por eso tendrá un enfoque descriptivo y exploratorio. Igualmente, se evaluarán las prácticas contemporáneas y los retos fundamentados en el análisis de investigaciones pasadas, artículos, tesis y documentos técnicos de los últimos cinco años. Igualmente, se asistirá en la estructuración correcta de la información y se ofrecerá orientación para realizar un análisis que evalúe el impacto de este método en la industria.

Por lo tanto, se busca analizar el cómo influye la economía circular en la industria eólica, estudiando las estrategias de reutilización y reciclaje de componentes para minimizar el efecto ambiental. De igual manera, se pretende fomentar prácticas sostenibles, para desarrollar un modelo energético más eficaz. Particularmente la energía del viento constituye una fuente de energía limpia significativa en todos los países, por lo que Garrido (2024) menciona que “el sector de la energía eólica desempeña un papel fundamental en el mundo actual debido a su

contribución significativa en la transición hacia fuentes de energía renovables más sostenibles y la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles” (pág. 9). Esto sugiere que la energía eólica es fundamental para reducir la sumisión de los hidrocarburos y también podría fomentar electricidad en un futuro.

En Ecuador, resulta fundamental diversificar la matriz energética eólica, no solo incrementando la capacidad instalada, sino también optimizando la infraestructura requerida para su integración. De manera similar, Barragán (2024) menciona que “existen otros factores que se deben considerar al momento de formular políticas que incentiven la industria eólica en el Ecuador” (pág. 59). Es posible llevar a cabo estrategias que aborden elementos sociales y económicos para asegurar que los proyectos eólicos favorezcan el medio ambiente y a las comunidades locales. Asimismo, la economía circular en el sector eólico de Santo Domingo de los Tsáchilas fomenta la sostenibilidad mediante acciones que disminuyen el impacto ambiental. Por esta razón, Freire et al. (2023) indican lo importante que son las 3R “diseñar para re-fabricar, reacondicionar y reciclar, con la finalidad de mantener los componentes técnicos y materiales circulando” (pág. 11). Esto promueve un modelo industrial que, además de disminuir costos, impulsa un crecimiento sostenible y responsable para la ciudad.

Métodos y materiales

El Trabajo de integración curricular se realizó en Ecuador, en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cantón Santo Domingo, parroquia Chiguilpe, en el Instituto Superior Tecnológico Tsáchila, en la av. Los anturios y av. Galo Luzuriaga con una duración de 4 meses. Este enfoque es cualitativo, por lo que se utilizarán técnicas cualitativas para obtener información detallada, mediante la cual podemos destacar las ventajas que se obtiene al utilizar técnicas de reciclaje en la industria eólica introduciendo la economía circular en este ámbito.

Esta modalidad es de investigación Bibliográfica y exploratoria porque se centra en analizar sobre las oportunidades y desafíos que enfrenta el sector industrial en la implementación de estrategias de sostenibilidad e investigación Bibliográfica porque esta investigación cubrirá un universo de estudios previos, artículos y revistas científicos, tesis universitarias, también documentos técnicos sobre la reutilización de los componentes en la industria eólica. Además, Chafra y Lascano (2021) resaltan lo importante que es indagar sobre la economía circular por lo que ofrece un crecimiento económico y empleo con sostenibilidad y por lo tanto su mejor entendimiento resulta clave para su adecuada implementación. El tipo de investigación es descriptivo porque busca detallar y caracterizar las prácticas actuales de economía circular en la industria eólica, así como sus impactos. Por lo tanto, Correa (2024) hace énfasis que esto permite representar y documentar los procesos tecnológicos y estrategias de reutilización, reciclaje y recuperación de materiales en sus niveles de uso más altos, proporcionando una visión clara del estado actual de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas y sus posibilidades de mejora.

Este objetivo tiene como propósito analizar estrategias orientadas a la recuperación de grandes componentes, como las palas de los aerogeneradores, las góndolas y las torres. De esta manera el reciclaje de materiales compuestos entre ellos, la fibra de vidrio, fibra de carbono, y las resinas epoxi, facilita el desmontaje de los aerogeneradores. Esto contribuye a prolongar la vida útil de los dispositivos, disminuir la generación de residuos y promover una percepción ambiental más sostenible. De este modo en este objetivo, se evalúan tecnologías como la pirólisis, la solvolisis y el desmantelamiento automatizado, analizando su efectividad en la recuperación de materiales valiosos, como las fibras de carbono. Además, en términos de viabilidad económica, se toman en cuenta aspectos clave como los costos de inversión inicial, los gastos operativos, la rentabilidad potencial y los beneficios a largo plazo. Este análisis permite identificar oportunidades clave para optimizar e innovar en los procesos actuales. Asimismo, se busca aplicar enfoques como el modelo de reciclaje, que facilita la creación de productos eólicos

reutilizables, favoreciendo la sostenibilidad y los principios de la economía circular. El propósito de este objetivo es que la industria eólica ofrece beneficios clave en términos de sostenibilidad, como la disminución de emisiones contaminantes y una menor dependencia de fuentes de energía no renovables. En cuanto a la reducción de costos, la mejora en la eficiencia operativa y la implementación de tecnologías para la recuperación de materiales pueden disminuir los gastos hasta en un 40% a largo plazo. Los avances en mantenimiento predictivo y automatización optimizan los procesos, generando un ahorro sustancial. Estos beneficios convierten a la industria eólica en una opción más rentable y ecológicamente responsable.

Análisis del Resultado

Como resultado de esta investigación, las estrategias de reciclaje y la reutilización de componentes en la industria eólica como los generadores y torres, son fundamentales para reducir la cantidad de desechos producidos y utilizar de manera más eficiente los recursos existentes. Por eso Gualotuña (2024) también menciona que estos residuos se pueden utilizar o transformar de nuevo en materia prima. Además, estas tácticas alargan la duración de componentes clave, como las aspas de los aerogeneradores, a través de su rehabilitación o conversión en productos nuevos. Esto ayuda de manera considerable a disminuir el impacto ambiental y promueve un modelo de producción más sostenible.

Asimismo, las tecnologías actuales, como el reciclaje químico, la pirolisis y la trituración mecánica, permiten la recuperación efectiva de materiales como metales y fibras. Por otra parte, Aponte (2023) menciona que estas también tienen sus desafíos por lo que las tecnologías de reciclaje químicos requieren mucha materia prima para poder ser más beneficioso y poder tener alta demanda de energía. Estas alternativas reducen la dependencia de la obtención de nuevos recursos naturales y aumentan la sostenibilidad del área. Su evolución continua fortalece su viabilidad económica y fomenta su implementación a mayor escala en el sector industrial.

Finalmente, la adopción de estas prácticas ayuda a que la industria eólica se establezca como un modelo en sostenibilidad. Además, Paredes (2024) resalta que disminuir las emisiones de carbono y los costos operativos no solo favorecen el avance hacia fuentes de energía renovables, sino que también refuerza la competitividad de la industria. Esto refleja un compromiso hacia la creación de modelos más responsables y que cuiden el medio ambiente.

Conclusión

En conclusión, el estudio de las estrategias de reciclaje y reutilización en la industria eólica, evidencia su habilidad para maximizar los recursos y disminuir los desechos. Entre estas estrategias, resalta la recuperación de elementos estructurales, como los generadores y torres, a través de su arreglo y reacondicionamiento para extender su durabilidad. Además, la rehabilitación y modificación de elementos, como las palas de aerogeneradores, se logra una mayor longevidad de los materiales, reduciendo de este modo el impacto ambiental y fomentando un modelo que se ajusta a los principios de la economía circular.

Asimismo, la evolución de tecnologías avanzadas como la pirolisis, el reciclaje químico y la trituración mecánica ha facilitado la recuperación de materiales valiosos, como metales y fibras, de manera eficiente. A pesar de que todavía se enfrentan a retos energéticos, estas metodologías siguen desarrollándose, fomentando la innovación tecnológica y aumentando su viabilidad económica. Este progreso no solo refuerza la sostenibilidad del sector, sino que también ayuda a su aplicación en mayor escala. Por último, las ventajas que provienen de estas prácticas no solo fortalecen a la industria eólica como pionera en sostenibilidad, sino que también resaltan su función en la batalla contra el cambio climático. La disminución de gastos operativos y emisiones de carbono fortalece su competitividad internacional, garantizando un futuro más sostenible y amigable con el medio ambiente. Estas medidas evidencian el compromiso del sector con la transición hacia un modelo económico y energético viable.

Referencias Bibliográficas

- Acevedo Rojas, B. D. (2024). Sistemas de transmisión híbridos ac/dc y modelo preconceptual para el análisis de alternativas para la transmisión de energía de parques eólicos offshore a redes terrestres en Colombia. Obtenido de Universidad del Rosario: <https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/6f18b6c2-7f5a-4695-b252-e002bb1dadca/content>
- Aponte Figueroa, G. (2023). Producción de combustibles a partir de desechos plásticos mediante procesos de reciclado químico. Dialnet, 44.
- Ballén, S. (2021). Netzero de alta densidad: análisis de ciclo de vida y energías renovables aplicado a vivienda colectiva en Colombia. Obtenido de Universitat Politècnica de Catalunya: <http://hdl.handle.net/2117/360917>
- Barragán, E. (2024). Generación Eólica en Ecuador: Análisis del Entorno y Perspectivas de Desarrollo. Revista Técnica "energía", 58-66. doi: <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v10.n1.2014.100>
- Bermeo Jimbo, J. (2023). Propuesta para implementación de la primera fase de Carbono Neutralidad en un proyecto de pequeña minería en fase de exploración. Obtenido de Escuela de Posgrado New man: <https://hdl.handle.net/20.500.12892/955>
- Cánovas, G., Loredó, N., & Palacios, A. (2024). Relación entre el proceso de toma de decisiones estratégicas empresariales y la perspectiva competitividad sostenible. Obtenido de Scielo- Retos de la Dirección: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2306-91552024000100003&script=sci_abstract&lng=pt
- Castillo, C. (2024). Desarrollo y dimensionamiento de un dispositivo de aprovechamiento de la energía undimotriz para el abastecimiento energético de una población costera. Obtenido de Comillas-Universidad Pontificia: <http://hdl.handle.net/11531/83330>
-

- Catalán, H. (2020). Impacto de las energías renovables en las emisiones de gases efecto invernadero en México. doi:https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0301-70362021000100059&script=sci_arttext
- Chafra, P., & Lascano, J. (2021). Entendiendo la economía circular desde una visión ecuatoriana y latinoamericana. Revista Ciencia UNEMI, 86. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8375194>
- Correa, Y. (2024). Caracterización Socioeconómica y Ambiental de los Negocios Verdes en la Vida Productiva del Municipio de Turbaco, Bolívar para Mejorar las Buenas Prácticas en el Marco del Plan Nacional de Negocios Verdes. Obtenido de Universidad de Cartagena: <https://repositorio.unicartagena.edu.co/server/api/core/bitstreams/a585350c-03f0-4614-b771-f86f9280bb89/content>
- Espinoza, A. (2023). Economía circular: una aproximación a su origen, evolución e importancia como modelo de desarrollo sostenible. Revista de economía institucional, 109. doi:<https://doi.org/10.18601/01245996.v25n49.06>
- Fraire, M., Moine, M., Tamagno, M., & Peralta, S. (2023). De la economía lineal a la economía circular: Caracterización y beneficios del modelo circular. Paralelismo con el modelo lineal. Territorios Productivos, 11. Obtenido de <https://territoriosproductivos.unvm.edu.ar/ojs/index.php/territoriosproductivos/article/view/615>
- Garrido Gómez, R. (2024). Impacto logístico y análisis económico de costes sobre la implementación de técnicas de inspección no destructivas en el sector de la energía eólica. Obtenido de Universidad politécnica de Valencia: <https://riunet.upv.es/handle/10251/206314>
- Gualotuña Naranjo, K. (2024). La fiscalidad de la economía circular. Obtenido de RediUMH Universidad Miguel Hernández: <https://hdl.handle.net/11000/33384>
-

Guerra Hernández, L. (2024). Residuos orgánicos y economía circular: una incursión hacia el cambio a un modelo de economía circular en el tratamiento de residuos en empresas cafeteras colombianas. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia.

Huerta Ferrer, M. (2024). Revisión De Estrategias Para El Almacenamiento de Energía. Obtenido de Universidad de Sevilla: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/95130/fichero/TFG-5130+Huerta+Ferrer.pdf>

Jordán Oñate, E., & Andrade Ramírez, M. (2024). Estrategias tributarias ambientales, para mitigar el cambio climático aplicadas en la legislación ecuatoriana dentro de la provincia del Guayas en el periodo 2021 – 2022. Obtenido de Universidad Ecotec: <https://repositorio.ecotec.edu.ec/handle/123456789/1257>

Llanes, E., & Barragán, R. (2020). La generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el Ecuador a partir del uso de las energías renovables. Obtenido de Repositorio Digital Universidad Internacional SEK: <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4023>

Llanos Encalada, M., Correa Vaca, A., & Calderón Cisneros, J. (2024). Economía circular y sus prácticas en la región andina. Revista Venezolana de Gerencia, 1072-1092.

Lorenzo, A. A. (2023). Introducción del enfoque de economía circular en la gestión empresarial .Caso de estudio Empresa de Silos. Obtenido de Rein Universidad de Matanzas: <http://rein.umcc.cu/handle/123456789/3850>

Martínez , A. (9 de Noviembre de 2023). Diseño de una propuesta para generar un impacto positivo del territorio en el municipio de melgar a través de la sostenibilidad y la economía circular. Obtenido de UniversidadEam Escuela de Administración de Negocios: <http://hdl.handle.net/10882/13001>

Martínez, J., Garza, V., & Hernández, G. (2024). Evisión de métodos de reciclaje enfocado a las aspasde aerogeneradores en MéxicoReview of recycling methods focused on wind turbine blades in MexicoRevisão dos métodos de reciclagem focados em pás de turbinas

- eólicas no MéxicoLa sostenibilidad y el impact. Revista de investigación de Ingeniería y sus alcances., 195. doi:<https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v8i22.127>
- Méndez, M., & Saucedo, J. (2023). Metodología para el cálculo numérico y simulación de generadores eólicos de baja velocidad. doi:<https://doi.org/10.29057/icbi.v11iEspecial3.11504>
- Mussi, M. (2024). Análisis de la viabilidad económica y ambiental de una instalación de producción de energía geotérmica para la climatización de un edificio residencial. Obtenido de Universidad Politécnica de Catalunya- Barcelonatech: <http://hdl.handle.net/2117/403940>
- Paredes, M. (2024). Estudio para el uso de hidrógeno verde en la línea ferroviaria 122 Ávila-Salamanca. Obtenido de RiuNet Repositorio Institucional UPV: <https://riunet.upv.es/handle/10251/210620>
- Parra, A. (2024). La influencia de la transición energética en la evaluación de impacto ambiental de los proyectos de energías renovables y su compatibilidad con la transición ecológica. Obtenido de Diposit Digital: <https://hdl.handle.net/2445/216412>
- Pascual Nuñez, M. (2021). "España estrena su primer plan de acción de economía circular 2021-2030 ¿cómo desacoplaremos el crecimiento económico de recursos en la próxima década?". Obtenido de Actualidad Jurídica Ambiental: <https://www.actuallidadjuridicaambiental.com/wp-content/uploads/2021/07/2021-07-06-Pascual-Plan-accion-economia-circular.pdf>
- Prado León, W., & Quisirumbay Ludeña, R. (2024). Caracterización y análisis de la variabilidad del viento en la zona de influencia de la central eólica Villonaco. Obtenido de Universidad Selesiana Ecuador: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28934>
- Salgado, I. (2024). Economía circular para el desarrollo agroindustrial y social en Ecuador. Revista de Estudios Interdisciplinario en Ciencias Sociales, 299.
-

- Sierra, J., & Santos, M. (2021). Redes neuronales y aprendizaje por refuerzo en el control turbinas eólicas. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 332.
- Tello Olivas, C., Contreras Ocegueda, E., Flores Hernández, A., & Medina Álvarez, M. (2023). Diseño y construcción de una turbina eólica de uso comercial mediante un análisis costo beneficio. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 64.
- Tinoco, I., Campas, C., Monarrez, G., & Navarro, M. (2024). Implicaciones de la Integración de Energías Renovables Intermitentes a la Red Eléctrica. Obtenido de Instituto Tecnológico de Sonora, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica: <file:///C:/Users/HP/Downloads/93-Texto%20del%20art%C3%ADculo-262-1-10-20241126.pdf>
- Vergara, R., Pozos, F., Pinilla, J., Gasca, C., & Reyes, C. (2024). Exploración de tecnologías para el reciclaje de palas de aerogeneradores. *Revista Ingeniantes*, 48. Obtenido de https://citt.itsm.edu.mx/ingeniantes/articulos/ingeniantes11no1vol2/Final%20ingeniantes%201112%20CIME_%20Exploracion%20de%20tecnologias%20para%20el%20reciclaje%20de%20palas.pdf
-