

Revisión de la situación actual del sector eólico en Uruguay - encuesta a profesionales del sector

Review of the current status of the wind energy sector in Uruguay - survey of professionals in the field

Rodrigo Cardinal¹, Priscila Ebert², Franciele Weschenfelder³

Recibido: 3/04/2024 y Aceptado: 30/05/2024

ENERLAC. Volumen VIII. Número 1. Junio, 2024

ISSN: 2602-8042 (impreso) / 2631-2522(digital)



45

1. Rodrigo Cardinal, Universidad Tecnológica del Uruguay. Uruguay
rodrigo.cardinal@utec.edu.uy

ORCID: 0009-0005-7910-5829

2. Priscila Silveira Ebert, InstiUniversidad Tecnológica del Uruguay. Uruguay
priscila.silveira@utec.edu.uy

ORCID: 0000-0001-6406-8264

3. Franciele Weschenfelder, Universidad Tecnológica del Uruguay. Uruguay
franciele.weschenfelder@utec.edu.uy

ORCID: 0009-0003-1525-0766



Resumen

Proyectando la decisión de fin de vida útil que será necesaria tomar en gran parte de las turbinas eólicas instaladas en Uruguay en los próximos años, se considera que es de vital importancia conocer las condiciones, problemas y características del sector eólico uruguayo. Para ello, se realizó una encuesta a 30 profesionales vinculados a cuatro sectores clave: operación y mantenimiento, aspectos comerciales y financieros, legislación y normativa del mercado eléctrico, y profesionales vinculados a extensión de vida útil y repotenciamiento de parques eólicos.

En esta encuesta se procuró conocer las principales problemáticas que enfrenta el sector, por lo tanto, se consulta acerca de aspectos clave como la obtención de repuestos, disponibilidad actual de las turbinas, principales fallas de componentes en la actualidad, entre otros; con la finalidad de recolectar información que brinde una perspectiva clara sobre el enfoque que deberán tener las decisiones de fin de vida útil en el contexto actual.

A partir de esto se obtuvo que las fallas más comunes en la actualidad están vinculadas a palas y caja de engranajes. Por otra parte, las decisiones de vida útil más convenientes según los encuestados son la extensión de vida útil y el repotenciamiento de la centrales eólicas.

PALABRAS CLAVE: energía eólica, fin de vida útil, repotenciamiento, Uruguay, encuesta.

47

Abstract

Projecting the end of useful life decision that will need to be made for a large part of the wind turbines installed in Uruguay in the coming years, it is considered vitally important to know the qualities, problems and characteristics of the uruguayan wind sector. To this end, a survey was conducted among 30 professionals linked to four key sectors: operation and maintenance, commercial and financial, legislation and regulations of the electricity market, and professionals linked to useful life extension and repowering of wind farms.

In this survey, we sought to know the main problems facing the sector, therefore, we consulted about key aspects such as obtaining spare parts, current availability of turbines, main component failures at present, among others; with the purpose of collecting information that provides a clear perspective on the approach that end-of-life decisions should have in the current context.

From this it was obtained that the most common failures today are linked to blades and gearbox. Also, the most convenient useful life decisions according to respondents are the extension of useful life and the repowering of wind centrals.

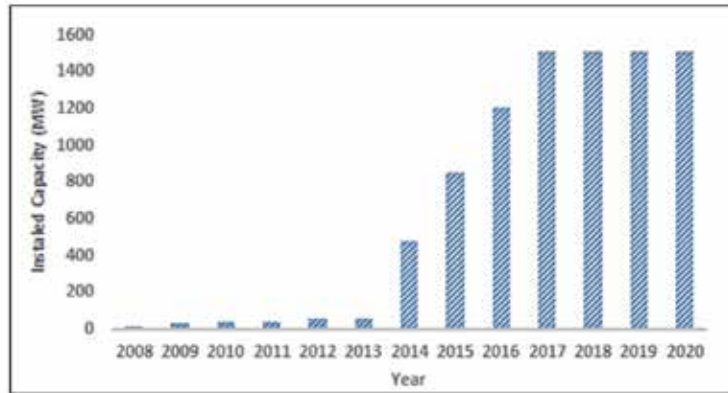
KEYWORDS: wind energy, end of useful life, repowering, Uruguay, survey.

1. INTRODUCCIÓN

La energía eólica ha demostrado ser un recurso fundamental en el panorama energético de Uruguay, contribuyendo significativamente en la matriz eléctrica del país. Esto puede visualizarse al observar la capacidad eólica instalada en el país

entre 2008 y 2020, presentada en la Figura 1, así como la generación eléctrica por fuente entre 2010 y 2022 en la Figura 2.

Figura 1. Capacidad eólica instalada en Uruguay entre 2008 y 2020



Fuente: Weschenfelder y Ebert (2021).

Figura 2. Generación de energía eléctrica por fuente en Uruguay entre 2010 y 2022



Fuente: Elaborado por Uruguay XXI con base en datos de BEN 2021.

Con el objetivo de identificar áreas de mejora y optimización en este sector clave, se llevó a cabo una encuesta dirigida a profesionales y expertos relacionados con el sector eólico del país.

El propósito central de esta encuesta es conocer cuáles son los aspectos que requieren mayor desarrollo en la energía eólica en Uruguay. Se busca entender las problemáticas más frecuentes

y las causas de tiempos de parada más comunes, con el fin de proyectar adecuadamente la vida útil de las turbinas eólicas instaladas y evaluar posibles estrategias, como la extensión de su vida útil, desmantelamiento o repotenciamiento de las centrales eólicas.

Para abordar esta tarea de análisis en profundidad, la encuesta se estructuró en cuatro sectores

principales: personas involucradas en la extensión de vida útil de centrales eólicas, profesionales relacionados con legislación y normativa del mercado eléctrico, expertos en el ámbito financiero, y expertos vinculados a operación y mantenimiento de parques eólicos. En total 30 personas completaron la encuesta realizada, en su mayoría pertenecientes al sector de operación y mantenimiento.

A lo largo de este artículo, se exploran los resultados de la encuesta y se proponen alternativas de solución a las principales problemáticas que enfrenta el sector eólico del país actualmente.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Antecedentes

La ejecución de encuestas y la investigación en otros países han proporcionado información valiosa sobre la percepción pública, los desafíos operativos y las experiencias en la industria. Estas investigaciones comparativas han revelado patrones y tendencias que son aplicables en contextos diversos, y pueden contribuir a la toma de decisiones informadas en el sector eólico uruguayo.

Este tipo de experiencia fue llevado a cabo en Brasil por Espindola Ferreira, de Bona y Ordoñez Duran (2021), donde 20 profesionales del sector eólico respondieron un cuestionario vinculado a repotenciación de centrales eólicas; buscando identificar el potencial de repotenciación en Brasil e identificar los parámetros más relevantes para un proyecto de repotenciación. A partir de la evaluación

realizada, se identificó que la repotenciación debe centrarse en aerogeneradores con menos de 2 MW, además, los encuestados mencionaron que la repotenciación debería estar entre el 30% y el 50% del costo original del proyecto.

Una experiencia similar fue realizada también en Brasil por Farkat, Claro y Rodrigues (2019), quienes buscaron identificar las principales barreras para el desarrollo de proyectos eólicos. Como resultado, se identificó que impedimentos en el transporte de energía y el acceso al capital fueron las principales barreras mencionadas por los 41 profesionales encuestados del sector.

49

2.2 Decisiones de fin de vida útil

Una de las problemáticas asociadas con los aerogeneradores es su vida útil limitada. Los aerogeneradores típicamente tienen una vida útil de entre 20 y 25 años, y después de ese tiempo, se deben retirar del servicio y reemplazarlos con nuevos aerogeneradores.

Sin embargo, existen casos donde por motivos de innovación y desarrollo de las tecnologías vinculadas con la generación eólica, es conveniente realizar el reemplazo de componentes antes de que lleguen al fin de su

vida útil, durante una etapa media o avanzada de desgaste del aerogenerador. En general, se debe optar por extender la vida útil del parque eólico, realizar una repotenciación (total o parcial), o el desmantelamiento del parque. Además, existen otros motivos que pueden encaminar al repotenciamiento de centrales eólicas, como el aprovechamiento de infraestructura eléctrica y vial, contratos por terrenos, habilitación ambiental, etc.

2.2.1 Desmantelamiento:

El desmantelamiento de un parque eólico se refiere al proceso planificado y controlado de desmontar las turbinas eólicas y demás infraestructuras asociadas al final de su vida útil operativa. Este procedimiento implica la desconexión de las turbinas de la red eléctrica, la desinstalación de las estructuras y la gestión adecuada de los componentes retirados. El desmantelamiento debe llevarse a cabo cumpliendo con las normativas ambientales, garantizando la seguridad y mitigando los impactos negativos en el entorno. Además, debe incluir la gestión adecuada de los residuos generados durante el proceso; esto es analizado por Gast, Meng y Morgan (2024)

utilizando un “índice de circularidad” propuesto por otro autor; con lo cual se compara la reciclabilidad de diferentes modelos de turbinas y se plantean diferentes escenarios, proponiendo este índice de circularidad como una medida para mejorar la evaluación de la reciclabilidad de las turbinas eólicas.

2.2.2 Repotenciamiento total y parcial:

El repotenciamiento de turbinas eólicas puede ser total o parcial, dependiendo del alcance de las mejoras realizadas en el sistema. En el caso del repotenciamiento total, se sustituyen completamente las turbinas antiguas por nuevas y más eficientes, lo que implica una renovación total del parque eólico. Por otro lado, el repotenciamiento parcial implica la modernización de componentes específicos, como las palas, generadores o cajas de engranajes, con el fin de mejorar el rendimiento y prolongar la vida útil de las turbinas existentes, manteniendo la infraestructura original. Ambos enfoques tienen como objetivo aumentar la capacidad y eficiencia de la instalación, reducir los costos operativos y maximizar la producción de energía.

Un estudio de repotenciamiento parcial fue llevado a cabo por Javed, Syed, Feroz y Calhoun (2020), donde se propone el aumento en la altura de buje en algunas turbinas del parque eólico estudiado con la finalidad de evitar el efecto estela causado por errores de diseño del parque; concluyendo que al aumentar desde 80 metros a 100 metros la altura de algunas turbinas aguas abajo, se lograría un aumento promedio en la generación total de energía de 7,5%.

2.2.3 Extensión de vida útil:

La extensión de la vida útil de las turbinas eólicas se refiere a la implementación de medidas y tecnologías destinadas a prolongar la operatividad y eficiencia de las turbinas más allá de su vida útil inicialmente prevista. Esto puede incluir acciones como el mantenimiento preventivo, la actualización de componentes obsoletos y la aplicación de nuevas técnicas de monitoreo y gestión de activos. La extensión de la vida útil busca maximizar el retorno de la inversión en

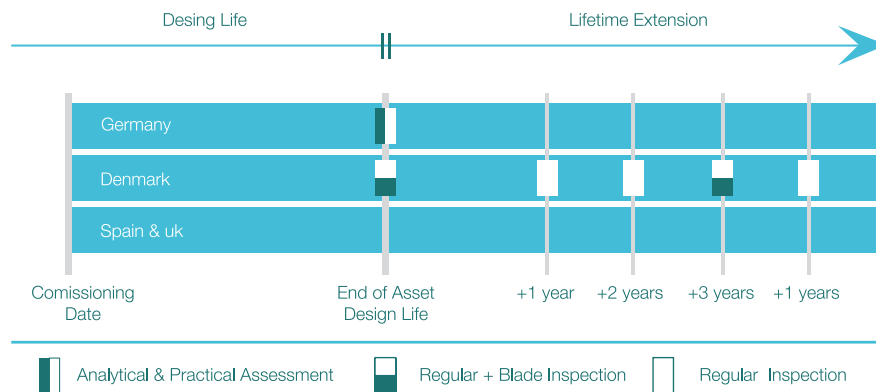
energía eólica al prolongar la operación de las turbinas originalmente instaladas hasta el final de su ciclo de vida, Rubert. et. al. (2019).

2.3 Marco legal

Debido a que no existe una normativa internacional que regule la extensión de vida útil, algunos países como Dinamarca o Alemania han establecido criterios de inspección que son mencionados por Ziegler et al. (2018) como se presenta en la Figura 3. En el caso de Dinamarca, se requieren inspecciones anuales de la estructura e inspección visual de las palas cada tres años, dichas tareas deben ser realizadas por empresas

certificadas. Para el caso de Alemania, se requiere una evaluación analítica y práctica de un experto independiente, y una evaluación estructural de la turbina.

Figura 3. Criterios de inspección para la extensión de vida útil de turbinas eólicas en Alemania, Dinamarca, España y Reino Unido



Fuente: Ziegler et. al. (2018).

51

2.4 Fallas más frecuentes

Las fallas más comunes en aerogeneradores están relacionadas a palas, caja de engranajes, fallas en el sistema de orientación y de sistema pitch Peng et al. (2023). En la tabla 1 se describen

las razones de fallas más frecuentes en estos componentes.

Tabla 1. Motivos de falla más comunes en componentes de aerogeneradores

Fallas en palas	Caja de engranajes	Sistema yaw	Fallas de pitch
Fractura y agrietamiento	Corrosión en la superficie del diente	Ruidos anormales debido a diferentes causas (frenos, rodamientos, etc.)	Batería del gabinete del eje de paso con bajo voltaje
Daños por descargas atmosféricas	Desgaste de la superficie del diente	Atascamiento de maquinaria de orientación	Detección anormal de datos
Abrasión y agrietamiento superficial	Dientes de engranaje rotos	Posicionamiento inadecuado del yaw.	La desviación del ángulo de las palas excede el límite

Fuente: Elaboración propia basado en "Analysis of Wind Turbine Equipment Failure and Intelligent Operation and Maintenance Research" (2023).

3. METODOLOGÍA

Esta encuesta busca identificar las principales motivaciones y preocupaciones de los profesionales del sector eólico en Uruguay. Además, se exploran las fallas más comunes en los componentes de los aerogeneradores, y se evalúa en qué medida dichas fallas están vinculadas a la antigüedad de las turbinas.

Se busca identificar la gravedad de los tiempos de parada causados por estas fallas. También se indaga sobre la disponibilidad de los aerogeneradores en la actualidad, así como la falta de repuestos como un posible problema en el sector.

• Definición del alcance

La encuesta se enfocó en temas relevantes del sector eólico en Uruguay, centrándose en la extensión de vida útil y el repotenciamiento de centrales eólicas, identificación de fallas en los aerogeneradores, tiempos de parada y disponibilidad de repuestos, entre otros aspectos clave como el mercado energético o la legislación del sector eólico.

• Profesionales encuestados

La encuesta se aplicó a profesionales de las cuatro áreas identificadas: extensión de vida útil, legislación y normativa del mercado eléctrico, comercial y financiero, y operación y mantenimiento. Los participantes fueron contactados y se les invitó a participar en la encuesta mediante una plataforma de encuesta online.

• Diseño del cuestionario

Se desarrolló un cuestionario estructurado con preguntas de acuerdo al perfil profesional del encuestado, y sus conocimientos sobre vida útil y repotenciamiento de centrales eólicas.

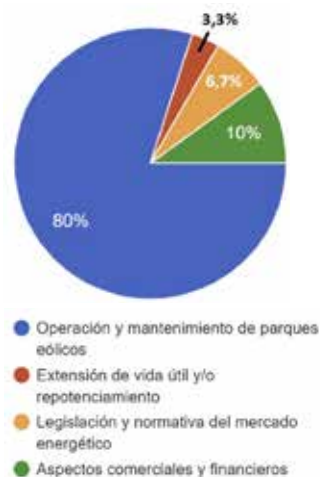
52

4. RESULTADOS

4.1 Perfil profesional de los encuestados

Como se puede observar en la Figura 4, la mayor parte de las respuestas corresponden al sector de operación y mantenimiento, con 24 respuestas. Aspectos comerciales y financieros: 3 respuestas, legislación y normativa del mercado energético: 2 respuestas, y extensión de vida útil y repotenciamiento: 1 respuesta.

Figura 4 . Perfil profesional de los encuestados



Fuente: Elaboración propia.

4.2 Toma de decisiones sobre el futuro de las centrales eólicas

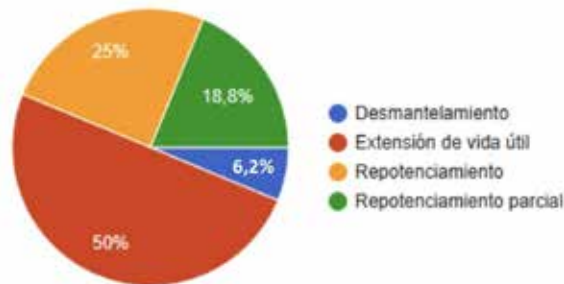
Se consultó a los profesionales vinculados a Operación y Mantenimiento sobre la decisión más conveniente una vez alcanzado el fin de vida útil de las centrales; con un total de 16 respuestas,

50% mencionaron extensión de vida útil, 25% repotenciamiento, 18,8% repotenciamiento parcial, y 6,3% desmantelamiento.

Figura 5. Decisión más conveniente una vez alcanzado el fin de vida útil de acuerdo a los profesionales encuestados vinculados al sector de operación y mantenimiento

Según su criterio, actualmente, ¿Qué opción es más conveniente?

16 respuestas



Fuente: Elaboración propia.

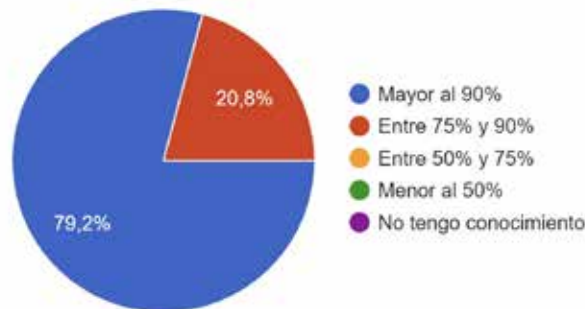
53

4.3 Disponibilidad actual de las turbinas

Los profesionales vinculados al sector de operación y mantenimiento fueron consultados acerca de la disponibilidad actual de las turbinas con las que trabajan. Se obtuvieron 24 respuestas

en total, 79,2% de los encuestados afirma una disponibilidad mayor al 90%, y el restante 20,8%, una disponibilidad de entre 75% y 90%.

Figura 6 . Disponibilidad promedio de los aerogeneradores actualmente de acuerdo a profesionales del sector de operación y mantenimiento



Fuente: Elaboración propia.

4.4 Motivaciones y preocupaciones sobre decisión de fin de vida útil

Se consultó a los encuestados sobre las principales motivaciones y preocupaciones para la decisión de fin de vida útil de las turbinas eólicas, en la Tabla 2 se presentan los resultados.

Tabla 2. Motivaciones y preocupaciones respecto a la decisión de vida útil de las centrales eólicas de acuerdo a los profesionales encuestados

Motivaciones	Preocupaciones
Postergación del uso de nuevas tecnologías al extender vida útil.	Estado de los equipos y fundaciones.
Mejora de los factores de planta al repotenciar.	Compatibilidad de componentes al repotenciar.
Aprovechamiento del capital existente al extender vida útil.	Viabilidad económica del repotenciamiento.
Reducción de desechos al extender vida útil.	Costos de nuevos componentes. Repuestos. Niveles de performance.

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Principales fallas de componentes en la actualidad

Al consultar a los profesionales vinculados a operación y mantenimiento sobre las principales fallas de componentes en la actualidad, se observa en la Tabla 3 que los componentes que presentan

mayor cantidad de fallas son la caja multiplicadora y las palas por significativa diferencia.

Tabla 3. Desglose de principales fallas de componentes en la actualidad de acuerdo a los profesionales encuestados

Palas (13 menciones, +50%) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rodamientos de palas (4 menciones) ▪ Descargas atmosféricas (2 menciones) 	Caja multiplicadora (12 menciones, 50%)
Generador (4 menciones)	Diversas fallas debido a mal diseño inicial, mala elección de modelo de turbina. (3 menciones)
Eje lento (2 menciones)	Transformadores (2 menciones)
Rodamientos (2 menciones)	Electrónica de potencia (1 mención)

Fuente: Elaboración propia.

4.6 Tiempos de parada por fallas en las turbinas

Los tiempos de inactividad no solo afectan la productividad, sino que también influyen en la viabilidad de iniciativas como la extensión de vida útil y el repotenciamiento. Además, la disponibilidad de repuestos juega un papel crucial en la gestión de estos períodos de inactividad, destacando la necesidad de estrategias efectivas de mantenimiento y gestión de recursos.

En la Figura 7 se presentan los resultados obtenidos al consultar sobre la gravedad de los tiempos de parada ocasionados por fallas en las turbinas. Donde 1 es “nada grave” y 5 es “muy grave”.

Figura 7. Gravedad de tiempos de parada por fallas actualmente de acuerdo a los profesionales vinculados al sector de operación y mantenimiento encuestados



Fuente: Elaboración propia.

55

4.7 Legislación y normativa

Los profesionales vinculados a legislación y normativa del mercado eólico, al ser consultados sobre sus principales preocupaciones respecto a las decisiones de fin de vida útil mencionaron la inexistencia de normativa y legislación vinculada

a repotenciamiento de parques eólicos, y la disposición final de las turbinas que son decomisadas.

4.8 Evaluación general de los resultados

Los resultados de la encuesta a profesionales del sector eólico en Uruguay proporcionaron una perspectiva sobre las principales fallas en las centrales eólicas. Entre los componentes analizados, la caja multiplicadora y las palas de las turbinas fueron identificados como los elementos más susceptibles a presentar problemas.

Una tendencia significativa observada en los datos fue la relación entre la antigüedad de las turbinas y la ocurrencia de fallas. La mayoría de las incidencias se atribuyeron al desgaste progresivo causado por el tiempo de funcionamiento de las turbinas. El envejecimiento de los equipos fue identificado como un factor determinante que conduce a la degradación de los componentes y aumenta la

probabilidad de fallos, fundamentalmente en caja multiplicadora y palas.

Estas fallas no solo afectan la operatividad, sino que también generan tiempos de parada considerables y costos sustanciales para las reparaciones y el mantenimiento. La interrupción de la producción de energía debido a estas incidencias puede tener un impacto negativo significativo en la eficiencia y rentabilidad de los parques eólicos.

Estos hallazgos resaltan la necesidad de implementar estrategias proactivas para abordar las fallas recurrentes y prolongar la vida útil de los aerogeneradores. Se sugiere considerar la implementación de tecnologías avanzadas de monitoreo y programas de mantenimiento preventivo y predictivo para reducir la incidencia de averías, mejorar la disponibilidad de los aerogeneradores y minimizar los costos asociados con paradas no programadas.

Asimismo, es esencial evaluar cuidadosamente el ciclo de vida útil de los aerogeneradores y analizar de manera realista el momento adecuado para el repotenciamiento o extensión de vida útil de las turbinas.

Por otra parte, desde el sector de legislación y normativa, se plantea la necesidad de la regulación específica para las decisiones de fin de vida útil en el sector eólico de Uruguay.

CONCLUSIONES

La encuesta a profesionales del sector eólico en Uruguay arrojó información valiosa sobre diversas problemáticas en las centrales eólicas. Se identificaron modos de falla importantes, incluyendo palas y caja de engranajes, y se destacaron áreas críticas para mejorar la eficiencia y confiabilidad.

En el caso de las palas, se identificaron problemas recurrentes como grietas, desprendimientos y erosión en el borde de ataque y borde de salida. La caja de engranajes, por su parte, puede experimentar fallas críticas con consecuencias graves, lo que subraya su relevancia en el funcionamiento de las turbinas.

Para extender la vida útil de las palas, se sugiere un análisis minucioso del historial operativo, la evaluación de daños observados y el cálculo de la vida de fatiga restante. Asimismo, es esencial cuantificar el deterioro aerodinámico de las palas debido al desgaste para tomar decisiones informadas sobre reparaciones y reemplazos.

La caja de engranajes demanda una atención especial, y se recomienda la realización de inspecciones con tecnología de boroscopio y la implementación de tecnología de monitoreo de vibraciones y temperatura para prevenir fallas graves y mejorar la confiabilidad.

Por otra parte, las decisiones de vida útil más convenientes según los encuestados son la extensión de vida útil y el repotenciamiento de las centrales eólicas.

Estos resultados sacan a la vista los principales inconvenientes que poseen las turbinas eólicas en Uruguay, los cuales en muchos casos coinciden con experiencias anteriores realizadas en otros países, como fue mencionado en la sección de antecedentes. Esto resalta la importancia de adoptar enfoques proactivos en el mantenimiento y gestión de activos en el sector eólico. La inversión en tecnologías avanzadas de monitoreo y la implementación de acciones preventivas

serán fundamentales para maximizar la eficiencia y prolongar la vida útil de los aerogeneradores en Uruguay.

En última instancia, la aplicación de medidas informadas y estrategias sólidas permitirá un desarrollo más efectivo del sector eólico.

Trabajos futuros

En perspectiva de futuras investigaciones, se sugiere profundizar en el análisis de datos provenientes de turbinas eólicas en Uruguay, centrándose en la aplicación de herramientas de software avanzadas para estimar la vida útil remanente de las turbinas, proporcionando información para la formulación de estrategias de mantenimiento y gestión eficiente de activos en parques eólicos. Al emplear técnicas de análisis de datos y modelado, se podría establecer un marco predictivo que contribuya a optimizar la operación y el rendimiento de las turbinas, mediante la identificación de aquellos componentes más críticos.

6. REFERENCIAS

Espindola Ferreira, J. C., de Bona, J. C., & Ordoñez Duran, J. F. (2021, January). Analysis of scenarios for repowering wind farms in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135(110197), 1364-0321. ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110197>

Farkat, J. R., Claro, J., & Rodrigues, J. C. (2019, May). Barriers to onshore wind farm implementation in Brazil. *Energy Policy*, 128(2019), 253-266. Science Direct. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.062>

Gast, L., Meng, F., & Morgan, D. (2024). Assessing the circularity of onshore wind turbines: Using material flow analysis for improving end-of-life resource management. *Resources, Conservation and Recycling*, 204, 107468. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107468>

Javed, A., Syed, A. H., Feroz, R. M. A., & Calhoun, R. (2020, June 15). Partial repowering analysis of a wind farm by turbine hub height variation to mitigate neighboring wind farm wake interference using mesoscale simulations. *Applied Energy*, 268. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115050>

Peng H, Li S, Shangguan L, Fan Y, Zhang H (2023, May 20). Analysis of Wind Turbine Equipment Failure and Intelligent Operation and Maintenance Research. *Sustainability*. 2023; 15(10):8333. <https://doi.org/10.3390/su15108333>

Rubert, T., Zorzi, G., Fusiek, G., Niewczas, P., McMillan, D., McAlorum, J., & Perry, M. (2019). Wind turbine lifetime extension decision-making based on structural health monitoring. *Renewable Energy*, 143, 611-621. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.034>

Uruguay XXI. (2023, November). Energías renovables en Uruguay. [https://www.uruguayxxi.gub.uy/uploads/informacion/79870b5679e4f9634944f6b8daca8ee6c3_d45df.pdf#:~:text=Fuente%3A%20elaborado%20por%20Uruguay%20XXI,datos%20de%20BE N%2020218.&text=Interconectado%20Nacional%20\(SIN\).&text=Entre%202018%20y%202022%20C%20la,hydr%C3%A1ulica%20ocasionada%20por%20la%20sequ%C3%ADa](https://www.uruguayxxi.gub.uy/uploads/informacion/79870b5679e4f9634944f6b8daca8ee6c3_d45df.pdf#:~:text=Fuente%3A%20elaborado%20por%20Uruguay%20XXI,datos%20de%20BE N%2020218.&text=Interconectado%20Nacional%20(SIN).&text=Entre%202018%20y%202022%20C%20la,hydr%C3%A1ulica%20ocasionada%20por%20la%20sequ%C3%ADa)

Weschenfelder, F., & Ebert, P. S. (2021). Wind farms End of life strategies - Uruguay 's future challenge. URUCON.

Ziegler, L., González, E., Rubert, T., Smolka, U., & Melero, J. J. (2018, February). Lifetime extension of onshore wind turbines: A review covering Germany, Spain, Denmark, and the UK. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(1), 1261-1271. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117313503>. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.100>