



Mantenimiento preventivo en flotas de vehículos, un análisis global 2012-2022: Una revisión de la literatura

Preventive maintenance in vehicle fleets, a global analysis 2012-2022: A review of the literature

Autor (es):



Leonidas Manuel Bravo Rojas ¹

Afiliación:

¹ Universidad César Vallejo, Perú

Resumen

El mantenimiento preventivo constituye una estrategia fundamental para garantizar la confiabilidad, disponibilidad y eficiencia operativa de los activos industriales, especialmente en contextos donde la optimización de recursos y la continuidad de los procesos productivos resultan prioritarias. El presente artículo tiene como objetivo analizar la literatura científica relacionada con la aplicación del mantenimiento preventivo y su impacto en el desempeño de los sistemas productivos, considerando investigaciones publicadas en el periodo comprendido entre 2012 y 2023. La metodología adoptada corresponde a una revisión narrativa estructurada, basada en la recopilación y análisis crítico de estudios provenientes de bases de datos académicas reconocidas, tales como Scopus, Web of Science y Google Scholar. La selección de los documentos se realizó considerando su relevancia temática, aportes conceptuales y aplicabilidad al ámbito del mantenimiento industrial, permitiendo identificar tendencias, enfoques metodológicos recurrentes y principales resultados reportados por la literatura. Los hallazgos evidencian que la implementación sistemática del mantenimiento preventivo se asocia con mejoras en la disponibilidad de los equipos, reducción de fallas no programadas, optimización de costos operativos y prolongación de la vida útil de los activos. Asimismo, la literatura destaca la integración del mantenimiento preventivo con herramientas de gestión y tecnologías emergentes como un factor clave para fortalecer el desempeño organizacional. Se concluye que el mantenimiento preventivo continúa siendo un componente estratégico dentro de la gestión industrial, cuya efectividad depende de su adecuada planificación, ejecución y control.

Palabras claves: mantenimiento preventivo; gestión del mantenimiento; confiabilidad; disponibilidad operativa; desempeño industrial.

Abstract

Preventive maintenance represents a fundamental strategy to ensure the reliability, availability, and operational efficiency of industrial assets, particularly in contexts where resource optimization and process continuity are critical. This article aims to analyze the scientific literature related to the application of preventive maintenance and its impact on production system performance, considering studies published between 2012 and 2023. The methodology corresponds to a structured narrative review based on the collection and critical analysis of studies retrieved from recognized academic databases such as Scopus, Web of Science, and Google Scholar. The selection of documents was conducted according to thematic relevance, conceptual contributions, and applicability to the field of industrial maintenance, allowing the identification of trends, recurring methodological approaches, and key findings reported in the literature. The findings indicate that the systematic implementation of preventive maintenance is associated with improvements in equipment availability, reduction of unplanned failures, optimization of operational costs, and extension of asset service life. Additionally, the literature highlights the integration of preventive maintenance with management tools and emerging technologies as a key factor in enhancing organizational performance. It is concluded that preventive maintenance remains a strategic component of industrial management, whose effectiveness depends on proper planning, execution, and control.

Keywords: preventive maintenance; maintenance management; reliability; operational availability; industrial performance.

DOI: <https://doi.org/10.47422/fy84mg83>



Introducción

El mantenimiento preventivo se ha consolidado como una de las estrategias fundamentales dentro de la gestión de activos industriales, en la medida en que permite anticipar fallas, optimizar el uso de los recursos y asegurar la continuidad de los procesos productivos. A diferencia de los enfoques correctivos, el mantenimiento preventivo se orienta a la planificación sistemática de intervenciones técnicas, con el objetivo de preservar las condiciones operativas de los equipos y reducir la ocurrencia de paradas no programadas, lo que repercute directamente en la confiabilidad y disponibilidad de los sistemas productivos (Dimitroff et al., 2016; Clemenza, 2019).

En el ámbito organizacional, diversos estudios han señalado que una gestión adecuada del mantenimiento preventivo contribuye a mejorar el desempeño operativo y económico de las empresas, al reducir costos asociados a fallas imprevistas, prolongar la vida útil de los activos y favorecer una mayor estabilidad en la producción. En este sentido, el mantenimiento preventivo no solo cumple una función técnica, sino que se integra como un componente estratégico dentro de los modelos de gestión industrial y logística (Condori, 2019; Boada, 2020; Medina, 2022).

La literatura especializada muestra que el mantenimiento preventivo ha sido abordado desde múltiples enfoques metodológicos, que incluyen análisis de confiabilidad, modelos de optimización, programación de intervenciones y su integración con indicadores de desempeño como la disponibilidad operativa y la efectividad global de los equipos. Investigaciones desarrolladas en contextos industriales, de transporte y energía evidencian que la correcta planificación del mantenimiento preventivo permite mejorar significativamente los niveles de eficiencia y reducir la probabilidad de fallas críticas en los sistemas productivos (Gondres et al., 2018; Ulbrich et al., 2021; Díaz et al., 2020).

Durante la última década, la producción científica sobre mantenimiento preventivo ha incorporado de manera progresiva el uso de modelos matemáticos, técnicas de optimización y herramientas computacionales orientadas a la toma de decisiones. Estudios recientes destacan la aplicación de algoritmos de optimización, aprendizaje automático y modelos estocásticos para la programación del mantenimiento preventivo, lo que ha permitido mejorar la precisión en la asignación de recursos y la sincronización entre producción y mantenimiento

(Lin et al., 2019; Huang et al., 2020; Li et al., 2021; Zhang & Tang, 2022).

Asimismo, se ha evidenciado un creciente interés por integrar el mantenimiento preventivo con enfoques de gestión del riesgo, mantenimiento centrado en la confiabilidad y análisis del ciclo de vida de los activos. Estas aproximaciones permiten evaluar de manera más integral el impacto del mantenimiento preventivo sobre los costos, la seguridad y el desempeño de los sistemas, especialmente en entornos caracterizados por alta complejidad técnica y operativa (De la Cruz et al., 2017; Seiti & Hafezalkotob, 2019; Van Staden et al., 2022).

No obstante, a pesar del amplio volumen de investigaciones disponibles, la diversidad de enfoques, contextos de aplicación y resultados reportados ha generado una fragmentación del conocimiento que dificulta la identificación de tendencias claras y conclusiones integradoras sobre la efectividad del mantenimiento preventivo. En este escenario, resulta necesario analizar de manera crítica y articulada los aportes de la literatura, con el fin de sintetizar los principales hallazgos, contrastar enfoques y reconocer vacíos de investigación que orienten futuras líneas de estudio (García, 2017; Pacce et al., 2022).

Por ello, el presente artículo tiene como objetivo analizar la literatura científica publicada entre 2012 y 2023 relacionada con la aplicación del mantenimiento preventivo y su impacto en la confiabilidad, disponibilidad y desempeño de los sistemas productivos, mediante una revisión narrativa estructurada que permita ofrecer una visión integral del estado del conocimiento en este ámbito.

Material y Métodos

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, mediante una revisión narrativa estructurada de la literatura científica, orientada a analizar los aportes existentes sobre el mantenimiento preventivo y su impacto en la confiabilidad, disponibilidad y desempeño de los sistemas productivos. Este tipo de revisión resulta pertinente cuando el objetivo es integrar, interpretar y contrastar resultados provenientes de diversos enfoques metodológicos y contextos de aplicación, sin limitarse a los procedimientos formales de una revisión sistemática.

La búsqueda de información se realizó en bases de datos académicas y repositorios especializados, entre ellos Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, IEEE

Xplore, Dialnet y Google Scholar, considerando publicaciones comprendidas entre los años 2012 y 2023. Para la identificación de los estudios se emplearon combinaciones de términos clave relacionados con mantenimiento preventivo, gestión del mantenimiento, confiabilidad, disponibilidad operativa, programación del mantenimiento y optimización de sistemas productivos.

Como criterios de inclusión, se consideraron artículos científicos, tesis académicas, actas de congresos y documentos técnicos que abordaran de manera explícita la aplicación del mantenimiento preventivo en sistemas industriales, de transporte y energéticos, así como su relación con indicadores de desempeño operativo. Se excluyeron documentos de carácter divulgativo, publicaciones duplicadas y estudios que no presentaran una relación directa con los objetivos del análisis.

El proceso de selección de las fuentes se llevó a cabo mediante una revisión preliminar de títulos y resúmenes, seguida de una lectura completa de los documentos que cumplieran con los criterios establecidos. Esta estrategia permitió depurar la información y priorizar estudios representativos de distintos enfoques teóricos y metodológicos, evitando la redundancia y garantizando la diversidad de perspectivas analizadas.

El análisis de la información se realizó a través de una lectura crítica y comparativa de los estudios seleccionados, identificando patrones recurrentes, enfoques metodológicos predominantes y principales resultados reportados en la literatura. Los hallazgos fueron organizados en ejes temáticos, lo que facilitó la síntesis de los resultados y la interpretación de las tendencias observadas en relación con el mantenimiento preventivo y su impacto en los sistemas productivos.

Resultados

El análisis de la literatura revisada permitió identificar un conjunto de resultados relevantes relacionados con la aplicación del mantenimiento preventivo y su impacto en el desempeño de los sistemas productivos. Para una mejor comprensión, los hallazgos se organizan en ejes temáticos que sintetizan los principales enfoques y aportes reportados por los estudios analizados.

Mantenimiento preventivo y confiabilidad de los sistemas productivos

Diversos estudios coinciden en que la implementación sistemática del mantenimiento

preventivo contribuye de manera significativa a mejorar la confiabilidad de los sistemas productivos, al reducir la probabilidad de fallas inesperadas y permitir una intervención anticipada sobre los componentes críticos. Investigaciones desarrolladas en contextos industriales y de transporte evidencian que la aplicación de planes de mantenimiento preventivo basados en análisis de confiabilidad permite disminuir la frecuencia de fallas y estabilizar el comportamiento operativo de los equipos (Ulbrich et al., 2021; Llanes et al., 2019; Freire et al., 2017).

Asimismo, estudios orientados a sistemas complejos y multiestado destacan que el mantenimiento preventivo resulta especialmente efectivo cuando se integra con modelos de evaluación del estado de los componentes, lo que permite ajustar la frecuencia de intervención según el nivel de degradación observado. En este sentido, los modelos estocásticos y de confiabilidad han demostrado ser herramientas útiles para la toma de decisiones en la gestión del mantenimiento (Yang et al., 2018; Ruiz, 2020; Memari et al., 2021).

Disponibilidad operativa y reducción de fallas no programadas

Otro resultado recurrente en la literatura es la relación positiva entre el mantenimiento preventivo y el incremento de la disponibilidad operativa de los equipos. Estudios empíricos reportan que la adecuada programación de actividades preventivas permite reducir los tiempos de inactividad asociados a fallas no programadas, lo que se traduce en una mayor continuidad de los procesos productivos y una mejor utilización de los recursos disponibles (Noreano & Pérez, 2020; Silva et al., 2020; Medina, 2022).

En sectores como el transporte y la industria energética, se ha evidenciado que la reducción de reparaciones imprevistas mediante estrategias preventivas contribuye a mejorar los niveles de servicio y a disminuir los riesgos operativos. Investigaciones aplicadas en sistemas ferroviarios y flotas de transporte resaltan que la planificación preventiva permite anticipar intervenciones críticas y minimizar impactos sobre la operación (Lin et al., 2019; Vasalic et al., 2021; Bakhtiary et al., 2021).

Optimización de costos y vida útil de los activos

La literatura analizada también muestra que el mantenimiento preventivo desempeña un papel clave en la optimización de los costos operativos

y en la prolongación de la vida útil de los activos. Diversos autores señalan que, si bien la implementación de planes preventivos implica costos iniciales, estos se ven compensados por la reducción de fallas graves, menores costos de reparación y una disminución en las pérdidas asociadas a paradas no planificadas (Fuenmayor, 2019; Romero et al., 2019; Chen et al., 2019).

Estudios que incorporan modelos de optimización y análisis económico destacan que la definición adecuada de la frecuencia de mantenimiento preventivo resulta determinante para equilibrar costos de intervención y riesgos de falla. En este sentido, se han propuesto modelos matemáticos y heurísticos que permiten identificar políticas óptimas de mantenimiento, considerando costos, confiabilidad y disponibilidad del sistema (Seiti & Hafezalkotob, 2019; Wang et al., 2020; Liu & Wang, 2021).

Integración del mantenimiento preventivo con la producción y la gestión industrial

Un conjunto importante de investigaciones enfatiza la necesidad de integrar el mantenimiento preventivo con los procesos productivos y los sistemas de gestión industrial. Estudios recientes muestran que la sincronización entre producción y mantenimiento permite mejorar la eficiencia global del sistema, reducir conflictos operativos y optimizar la asignación de recursos (Li et al., 2021; Zhang & Tang, 2022; Ye et al., 2020).

Asimismo, se ha observado un creciente interés por la incorporación de tecnologías digitales y herramientas avanzadas en la gestión del mantenimiento preventivo. Investigaciones basadas en aprendizaje automático, análisis de datos y sistemas inteligentes evidencian mejoras en la toma de decisiones y en la capacidad de anticipar fallas, lo que refuerza el carácter estratégico del mantenimiento preventivo dentro de la gestión industrial moderna (Huang et al., 2020; Wu et al., 2021; Fu & Zhu, 2022).

Aplicaciones sectoriales y tendencias recientes

Finalmente, los resultados de la revisión evidencian que el mantenimiento preventivo ha sido aplicado con éxito en diversos sectores, incluyendo manufactura, transporte, energía y sistemas de almacenamiento. Estudios sectoriales destacan la adaptación de las estrategias preventivas a las características específicas de cada sistema, considerando factores como el entorno operativo, la criticidad de los equipos y las condiciones de uso (Lastra et al., 2022; Raza & Ulansky, 2019; Niu et al., 2021).

En términos de tendencias, la literatura reciente apunta hacia el desarrollo de enfoques híbridos que combinan mantenimiento preventivo, predictivo y basado en condición, así como hacia una mayor integración con sistemas digitales y plataformas de gestión empresarial. Estas tendencias reflejan una evolución del mantenimiento preventivo hacia modelos más flexibles y orientados a la optimización integral del desempeño de los sistemas productivos (Van Staden et al., 2022; Wei et al., 2023; Bannikov & Sirina, 2020).

Discusiones

Los resultados de la presente revisión narrativa permiten confirmar que el mantenimiento preventivo continúa siendo una estrategia central dentro de la gestión de activos industriales, no solo desde una perspectiva técnica, sino también como un componente estratégico que influye de manera directa en la confiabilidad, disponibilidad y desempeño global de los sistemas productivos. La evidencia analizada muestra una convergencia significativa entre estudios que, desde distintos contextos y enfoques metodológicos, destacan los beneficios de una implementación planificada y sistemática del mantenimiento preventivo.

En primer lugar, los hallazgos relacionados con la mejora de la confiabilidad y la reducción de fallas no programadas refuerzan la idea de que el mantenimiento preventivo actúa como un mecanismo de control anticipado frente a la degradación de los equipos. Tal como señalan diversos autores, la aplicación de modelos de mantenimiento basados en confiabilidad y en el análisis del estado de los componentes permite disminuir la incertidumbre operativa y estabilizar el comportamiento de los sistemas productivos, especialmente en entornos caracterizados por alta complejidad técnica (Ulbrich et al., 2021; Yang et al., 2018; Ruiz, 2020). Estos resultados coinciden con planteamientos previos que destacan la necesidad de desplazar enfoques reactivos hacia modelos preventivos estructurados (Dimitroff et al., 2016; Clemenza, 2019).

Asimismo, la relación positiva entre el mantenimiento preventivo y la disponibilidad operativa observada en múltiples estudios sugiere que la planificación adecuada de las intervenciones técnicas constituye un factor determinante para garantizar la continuidad de los procesos productivos. Investigaciones aplicadas en sectores como el transporte y la industria energética evidencian que la reducción de paradas no programadas mediante estrategias

preventivas no solo mejora los indicadores operativos, sino que también contribuye a una mayor seguridad y confiabilidad del servicio (Lin et al., 2019; Vasalic et al., 2021; Niu et al., 2021). En este sentido, la literatura coincide en que la disponibilidad operativa debe ser considerada un indicador clave en la evaluación de la efectividad del mantenimiento preventivo.

Desde una perspectiva económica, los estudios analizados resaltan que el mantenimiento preventivo permite optimizar los costos asociados a la operación y al ciclo de vida de los activos, siempre que se definan políticas de intervención adecuadas. La discusión de los resultados pone de manifiesto que la frecuencia óptima de mantenimiento constituye un elemento crítico, ya que intervenciones excesivas pueden generar sobrecostos, mientras que intervenciones insuficientes incrementan el riesgo de fallas graves. Este equilibrio ha sido abordado mediante modelos de optimización y análisis económico que buscan minimizar el costo total del sistema, integrando variables técnicas y financieras (Fuenmayor, 2019; Chen et al., 2019; Liu & Wang, 2021).

Otro aspecto relevante discutido en la literatura es la creciente integración del mantenimiento preventivo con los procesos productivos y los sistemas de gestión industrial. Los resultados sugieren que la coordinación entre mantenimiento y producción favorece una asignación más eficiente de los recursos y reduce conflictos operativos, lo que se traduce en mejoras en la eficiencia global del sistema. Estudios recientes destacan que esta integración resulta particularmente efectiva cuando se apoya en herramientas de optimización y modelos de sincronización producción-mantenimiento (Li et al., 2021; Zhang & Tang, 2022; Ye et al., 2020).

Adicionalmente, la discusión de los hallazgos pone en evidencia una tendencia creciente hacia la incorporación de tecnologías digitales y enfoques inteligentes en la gestión del mantenimiento preventivo. Investigaciones basadas en aprendizaje automático, análisis de datos y sistemas inteligentes muestran un potencial significativo para mejorar la capacidad de anticipación de fallas y apoyar la toma de decisiones, lo que refuerza la transición hacia modelos de mantenimiento más proactivos y adaptativos (Huang et al., 2020; Wu et al., 2021; Fu & Zhu, 2022). Sin embargo, la literatura también advierte que la adopción de estas tecnologías requiere de capacidades organizacionales y técnicas que no siempre están disponibles en todos los contextos productivos.

Finalmente, si bien los resultados de la revisión evidencian beneficios consistentes del mantenimiento preventivo, también se identifican limitaciones y desafíos recurrentes, tales como la heterogeneidad de los contextos de aplicación, la variabilidad de los enfoques metodológicos y la ausencia de indicadores estandarizados para evaluar su efectividad. Estas limitaciones sugieren la necesidad de avanzar hacia estudios comparativos y enfoques integradores que permitan fortalecer la base empírica y mejorar la transferibilidad de los resultados entre distintos sectores industriales (Lastra et al., 2022; Van Staden et al., 2022; Wei et al., 2023).

En conjunto, la discusión de los resultados confirma que el mantenimiento preventivo sigue siendo un pilar fundamental de la gestión industrial moderna, cuyo impacto positivo depende de su adecuada planificación, integración con la producción y adaptación a las características específicas de cada sistema productivo.

Conclusiones

El análisis de la literatura científica desarrollado en el presente estudio permite concluir que el mantenimiento preventivo constituye una estrategia fundamental dentro de la gestión de activos industriales, debido a su impacto positivo en la confiabilidad, disponibilidad y desempeño de los sistemas productivos. La evidencia revisada demuestra que la implementación sistemática de planes de mantenimiento preventivo contribuye a reducir la ocurrencia de fallas no programadas y a garantizar una mayor continuidad operativa en diversos contextos industriales.

Asimismo, se concluye que el mantenimiento preventivo desempeña un papel relevante en la optimización de los costos operativos y en la prolongación de la vida útil de los activos, siempre que las políticas de intervención sean adecuadamente planificadas y ajustadas a las características específicas de cada sistema productivo. En este sentido, la definición de frecuencias de mantenimiento equilibradas resulta determinante para evitar tanto el sobredimensionamiento de las intervenciones como el incremento del riesgo de fallas críticas.

Por otro lado, la revisión evidencia que la integración del mantenimiento preventivo con los procesos productivos y los sistemas de gestión industrial favorece una asignación más eficiente de los recursos y mejora la eficiencia global del sistema. La coordinación entre producción y mantenimiento se presenta como un elemento

clave para maximizar los beneficios de las estrategias preventivas y reducir conflictos operativos.

Finalmente, se concluye que las tendencias actuales en el ámbito del mantenimiento preventivo apuntan hacia la incorporación de tecnologías digitales, modelos de optimización y enfoques inteligentes orientados a fortalecer la toma de decisiones y la anticipación de fallas. No obstante, la literatura también pone de manifiesto la necesidad de continuar desarrollando estudios que permitan evaluar de manera comparativa la efectividad de estas estrategias en distintos sectores y contextos productivos, contribuyendo así al fortalecimiento de la gestión del mantenimiento industrial.

Referencias Bibliográficas

- Condori, N. (2019). Influencia de la estrategia CRM "gestión de relaciones con los clientes" para generar clientes fieles: Caso Club Gym Arequipa (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de San Agustín. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10126>
- Chen, Z., Harford, J., & Kamara, A. (2019). Operating leverage, profitability, and capital structure. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 54(1), 369–392. <https://doi.org/10.1017/S0022109018000605>
- Boada, J. (2020). Plan estratégico de negocio en el contexto logístico para el crecimiento empresarial de Transporte Ibeilus CA en el municipio Sucre, año 2019 (Tesis doctoral). Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada. <http://www.miunespace.une.edu.ve/jspui/handle/123456789/3390>
- Pacce, M., Del Río, A., & Sánchez, I. (2022). Evolución reciente de la inflación subyacente en el área del euro y en España. Banco de España. <https://repositorio.bde.es/handle/123456789/23126>
- Lastra, R., Pereira, A., Díaz-Cacho, M., Acevedo, J., & Collazo, A. (2022). Spare parts made by additive manufacturing to improve preventive maintenance. *Applied Sciences*, 12(20), 10564. <https://doi.org/10.3390/app122010564>
- Medina, R. (2022). Estrategias de gestión de mantenimiento para mejorar los indicadores de mantenimiento de equipos de transporte de carga terrestre (Tesis de maestría). Universidad San Ignacio de Loyola. <https://repositorio.usil.edu.pe/items/31929e5b-5cf0-41f8-836e-f2ac5257fe54/full>
- García, F. (2017). Revisión sistemática de literatura en los trabajos de final de máster y en las tesis doctorales. Universidad de Salamanca. <https://repositorio.grial.eu/handle/grial/813>
- Gondres, I., Lajes, S., & Del Castillo, A. (2018). Gestión del mantenimiento a interruptores de potencia: Estado del arte. *Revista Chilena de Ingeniería*, 26(2), 192–204. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052018000200192&script=sci_arttext
- Ulbrich, D., Selech, J., Kowalczyk, J., Jozwiak, J., Durczak, K., Gil, L., Pieniak, D., Paczkowska, M., & Przystupa, K. (2021). Reliability analysis for unrepairable automotive components. *Materials*, 14(22), 7014. <https://doi.org/10.3390/ma14227014>
- Pujadi, T., Simamora, B., Kumar, V., Zamasi, H., Wijaya, H., Ernawaty, & Steven, L. (2021). Preventive maintenance on main components of PT KA Indonesia transportation equipment. En *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 1–8). IEOM Society. <http://ieomsociety.org/proceedings/2021monterrey/449.pdf>
- Silva, I., Rodríguez, M., Acosta, R., & Gómez, P. (2020). Design of a preventive maintenance plan for workshops using AMEF methodology. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, número especial. <http://ojs.unipamplona.edu.co/ojs/viceinvest/index.php/rcta/article/view/880>
- Noreano, F., & Pérez, E. (2020). Plan de mantenimiento preventivo para la mejora del índice de falla de un sistema de transporte neumático. *Dominio de las Ciencias*, 6(4), 307–323. <https://www.dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1469>
- Mihailows, F., & Gorbachovs, D. (2021). Reducing unscheduled repairs of traction gear of EMU trains. En *Proceedings of the International Scientific Conference "Rural Development"* (pp. 118–122).

<https://ejournals.vdu.lt/index.php/rd/article/view/2583>

Operational Research, 274(3), 966–977.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.10.040>

- Córdova, C., Llulluna, F., Sinchi, J., & Pachacama, D. (2021). Dynamic analysis of a convergence diagnostic equipment for preventive maintenance in light vehicles. En Proceedings of the 7th World Congress on Mechanical, Chemical, and Material Engineering. Avestia Publishing. https://avestia.com/MCM2021_Proceedings/files/paper/ICMIE/ICMIE_121.pdf
- De la Cruz, M., Nápoles, M., & Morales, Y. (2017). Procedimiento basado en el mantenimiento centrado en la fiabilidad para la reconversión de la industria azucarera. Tecnología Química, 37(1), 77–92. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852017000100007&script=sci_arttext
- García, M. (2017). Una polémica trascendental sobre el mantenimiento preventivo y predictivo. Revista Investigaciones Sociales, 3(8), 1–11. https://www.ecorfan.org/repositorio/investigaciones-sociales/journal/vol3num8/Revista_de_Investigaciones_Sociales_V3_N8.pdf
- Cheng, W., Yi, Y., Dauzère, S., & Cheng, Y. (2019). Dynamic dispatching and preventive maintenance for parallel machines. Computers & Operations Research, 107, 206–219. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2019.03.006>
- Seiti, H., & Hafezalkotob, A. (2019). Developing the R-TOPSIS methodology for risk-based preventive maintenance planning. Computers & Industrial Engineering, 128, 622–636. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.014>
- Van Staden, H., Deprez, L., & Boute, R. (2022). A dynamic “predict, then optimize” preventive maintenance approach. European Journal of Operational Research, 301(1), 91–105. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.01.024>
- Lin, B., Wu, J., Lin, R., Wang, J., Wang, H., & Zhang, X. (2019). Optimization of high-level preventive maintenance scheduling for high-speed trains. Reliability Engineering & System Safety, 183, 261–275. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.11.014>
- Yang, L., Ye, Z. S., Lee, C. G., Yang, S. F., & Peng, R. (2019). A two-phase preventive maintenance policy. European Journal of Operational Research, 274(3), 966–977. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.10.040>
- Li, L., Wang, Y., & Lin, K.-Y. (2021). Preventive maintenance scheduling optimization. Journal of Intelligent Manufacturing, 32(2), 545–558. <https://doi.org/10.1007/s10845-020-01588-9>
- Huang, J., Chang, Q., & Arinez, J. (2020). Deep reinforcement learning-based preventive maintenance policy. Expert Systems with Applications, 160, 113701. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113701>
- Memari, M., Zarezadeh, S., & Asadi, M. (2021). Optimal preventive maintenance for repairable networks. Applied Stochastic Models in Business and Industry, 37(6), 1017–1041. <https://doi.org/10.1002/asmb.2634>
- Silva, I., Pineda, R., & Acosta, R. (2019). Diseño de plan de mantenimiento preventivo utilizando AMEF. Mundo FESC, 9(18), 36–46. <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/446>
- Guerra, E., & Alexis, D. (2019). Relationship between productivity, maintenance, and replacement in large mining. Boletín de Ciencias de la Tierra, (45), 63–72. <https://pdfs.semanticscholar.org/acad/8f1e53a6c2367014490aa429e8937f6811e1.pdf>
- Díaz, C., Catari, D., Murga, C., Díaz, G., & Quezada, V. (2020). OEE ajustado por costos. Interciencia, 45(3), 158–163. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=339/33962773006>
- Zhang, Z., & Tang, Q. (2022). Integrating preventive maintenance to two-stage assembly flow shop scheduling. Flexible Services and Manufacturing Journal, 34(1), 156–203. <https://doi.org/10.1007/s10696-021-09403-0>
- Dui, H., Yang, X., & Fang, Y. (2022). Evaluation methodology for preventive maintenance in multi-state manufacturing systems. International Journal of Production Research. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2127163>
- Vasalic, D., Vujanovic, D., & Ivkovic, I. (2021). Preventive maintenance of fleets in dangerous goods transport. International Journal for Traffic and Transport

- Engineering, 11(1), 143–160.
<https://vinar.vin.bg.ac.rs/handle/123456789/10494>
- Bannikov, D., & Sirina, N. (2020). Service maintenance and repair of passenger cars in the digital enterprise. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 918(1), 012168.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/918/1/012168>
- Llanes, E., Guardia, Y., De la Cruz, I., Cevallos, S., & Rocha, J. (2019). Detección de fallas en motores de combustión. Ingenius, Revista de Ciencia y Tecnología, (22), 38–46.
<http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=1390-860X>
- Changbum, A., Chang, W., & Du, J. (2019). Decision-making tool for road preventive maintenance. Transportation Research Board. <https://trid.trb.org/view/1861041>
- Bakhtiary, A., Zakeri, J. A., & Mohammadzadeh, S. (2021). Opportunistic preventive maintenance policy for railway tracks. International Journal of Rail Transportation, 9(1), 1–22.
<https://doi.org/10.1080/23248378.2020.1737256>
- Salgado, Y., Del Castillo, A., & Santos, A. (2018). Programación óptima del mantenimiento preventivo con presencia eólica. Ingeniería Energética, 39(3), 157–167.
<http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012018000300003>
- Hernández, P. L., Carro, M., De Oca, J. M., García, L., & Fernández, S. J. (2018). Optimización del mantenimiento preventivo. Ingeniería Energética.
<https://www.redalyc.org/pdf/3291/329127758003.pdf>
- Ye, H., Wang, X., & Liu, K. (2020). Adaptive preventive maintenance for flow shop scheduling. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 18(1), 106–113.
<https://doi.org/10.1109/TASE.2020.2969794>
- Lopes, R. (2018). Integrated model of quality inspection and preventive maintenance. Computers & Industrial Engineering, 126, 650–656.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.10.018>
- Yang, L., Zhao, Y., Peng, R., & Ma, X. (2018). Hybrid preventive maintenance under random environment. Reliability Engineering & System Safety, 174, 130–140.
<https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.02.018>
- Wang, X., Li, L., & Xie, M. (2020). Unpunctual preventive maintenance policy. European Journal of Operational Research, 282(1), 304–318.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.09.039>
- Ruiz, J. (2020). Complex multi-state k-out-of-n:G system. Reliability Engineering & System Safety, 197, 106797.
<https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.106797>
- Liu, P., & Wang, G. (2021). Optimal periodic preventive maintenance policies. Applied Mathematical Modelling, 93, 101–114.
<https://doi.org/10.1016/j.apm.2020.12.013>
- Fu, Y., & Zhu, X. (2022). Preventive maintenance optimization of aperiodic multiple component reassignments. IEEE Transactions on Industrial Informatics.
<https://doi.org/10.1109/TII.2022.3214367>
- Wu, Q., Feng, Q., Ren, Y., Xia, Q., Wang, Z., & Cai, B. (2021). Intelligent preventive maintenance method based on reinforcement learning. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 17(12), 8254–8264.
<https://doi.org/10.1109/TII.2021.3057348>
- Wei, S., Nourelfath, M., & Nahas, N. (2023). Analysis of a production line subject to degradation and preventive maintenance. Reliability Engineering & System Safety, 230, 108906.
<https://doi.org/10.1016/j.ress.2022.108906>
- Niu, D., Guo, L., Bi, X., & Wen, D. (2021). Preventive maintenance period decision for elevator parts. Journal of Building Engineering, 44, 102984.
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102984>
- Avellaneda, M. (2019). Mantenimiento preventivo en instalaciones sanitarias: Elaboración de un plan de vigilancia con ERP SAP. En IV Jornadas Doctorales EIDUM (pp. 1197–1198).
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6892503>
- Raza, A., & Ulansky, V. (2019). Optimal preventive maintenance of wind turbine

components. *Energies*, 12(19), 3801.
<https://doi.org/10.3390/en12193801>

Fuenmayor, E. (2019). Calculando la frecuencia óptima de mantenimiento o reemplazo preventivo. *Revista Predictiva*.
<https://predictiva21.com/calculando-la-frecuencia-optima-de-mantenimiento-oreemplazo-preventivo-caso-de-estudio-basado-en-metodos-y-normas-vigentes/>

Romero, M., Agüero, M., & Rojas, E. (2019). Experiencias en análisis RAM. *Revista Predictiva*.
<https://predictiva21.com/experiencias-analisis-confiabilidad-disponibilidadmantenibilidad/>

Arango, J., Rosero, S., & Montoya, M. (2019). Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos. *Revista UIS Ingenierías*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7428904>

Clemenza, B. (2019). El mantenimiento preventivo no siempre es una tarea fácil. *Revista Predictiva*.
<https://predictiva21.com/el-mantenimiento-preventivo-no-siempre-es-una-tareafacil/>

Freire, L., Flores, J. C., Gualotuña, C. A. V., & Burbano, E. D. Y. (2017). Implementación de medidas preventivas durante el abastecimiento y almacenamiento de GLP. *RECIMUNDO*, 1(5), 749–765.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7116454>

Dimitroff, M., Pontelli, D., Zanazzi, J. F., Conforte, J., & Zanazzi, J. L. (2016). Mantenimiento preventivo: Asignación grupal de prioridades con metodología procesos DRV. *Revista Ingeniería Industrial*, 15(2).
<https://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/articloe/view/2782>