

Editorial

El enfoque predictivo de la inteligencia artificial como herramienta para el mantenimiento de maquinaria industrial: una mirada desde la Industria 4.0

The predictive approach of artificial intelligence as a tool for industrial machinery maintenance: a look from Industry 4.0

Alonso Toro Lazo, Ph.D., M.Sc.

En la industria de la manufactura, el mantenimiento es una tarea fundamental para garantizar la disponibilidad y eficiencia de la maquinaria utilizada en el proceso productivo. A través del tiempo, los procesos de mantenimiento se han realizado de forma empírica, basados en la experiencia de los operadores, y principalmente como respuesta a las fallas presentadas en tiempos de operación, generando altos costos para la organización debido a la necesidad de detener la producción mientras se realizan las reparaciones correspondientes y a los tiempos necesarios para el mantenimiento. En [1] y [2] se argumenta que los costos del servicio de mantenimiento [3] (costos de reparación, transporte, incumplimiento, mano de obra, entre otros) se podrían disminuir significativamente al contar con un sistema de planificación del mantenimiento [4], analizan en detalle el contenido y la composición de costos de varias tareas de mantenimiento de una red eléctrica, con el objetivo de determinar los impactos en el ciclo de vida del mantenimiento.

En [5] utilizan tecnologías de *Big Data* y *Data Mining* para extraer información de manera efectiva desde datos masivos acumulados en el proceso de operación y mantenimiento de *Data Centers* de yacimientos petroleros. En [6] resalta la importancia de utilizar *Big Data* para administrar, analizar y extraer los datos de información de mantenimiento de equipos que se ha recolectado en el pasado para analizar el estado de uso de los mismos, predecir y mejorar la eficiencia del proceso de mantenimiento.

Uno de los enfoques con mayor énfasis en la literatura es el Mantenimiento Predictivo (*PdM* por sus siglas en inglés), el cual, al ser combinado con tecnologías de la industria 4.0, se convierte en una gran oportunidad para el mejoramiento y optimización de los procesos de mantenimiento en la industria. En [7] describen un marco típico de modelado de *PdM* y sus componentes clave. También plantean los desafíos de adopción y alternativas para la implementación de este tipo de soluciones, ofreciendo como conclusión varias direcciones de investigación que pueden acelerar el procedimiento de adopción de *PdM*.

Autores como [8] mencionan que es necesario desarrollar enfoques *Machine Learning (ML)* de última generación para *PdM* los cuales utilicen diferentes datos de monitoreo de condición (p. ej., vibraciones, corrientes, temperatura, etc.) y que funcionen con esos datos de fallas para predecir la vida útil restante (*RUL*) de los componentes para que la producción no deba detenerse. También resaltan que la anotación del desgaste de los componentes no siempre es fácilmente identificable, lo que lleva a la cuestión abierta de obtener datos etiquetados de calidad e interpretarlos.

Por su parte, en [9] manifiestan que los sistemas inteligentes, el aprendizaje automático (*ML*) dentro de la IA y los enfoques de *PdM*, se han aplicado ampliamente en las industrias para manejar el estado de salud de los equipos industriales. En particular, las técnicas de *ML* han surgido como una herramienta prometedora en las aplicaciones de *PdM* para la fabricación inteligente en Industria 4.0, por lo que ha aumentado el atractivo de los autores en los últimos años.

En la misma línea, en [10] exponen que el mantenimiento predictivo es una importante aplicación de *IoT* discutida en muchas empresas, especialmente en la industria manufacturera y que utiliza datos, generalmente datos de sensores, para optimizar las actividades de mantenimiento. Presentan una taxonomía para clasificar modelos de negocio *PdM*. Los autores comparan y analizan los modelos de 113 empresas. En [11], [12] mencionan que la industria 4.0 es una gran oportunidad de mejora en las capacidades en mantenimiento predictivo para que las operaciones sean eficientes y optimizadas.

En síntesis, en la literatura especializada se evidencia que el uso de tecnologías de la Industria 4.0 tales como *IoT* e *IA* para la gestión del mantenimiento está en auge, que las empresas de la industria manufacturera requieren que se optimicen las actividades de mantenimiento para disminuir costos y aumentar la productividad y, aunque se viene trabajando en el área, se plantea abiertamente la necesidad de desarrollar soluciones basadas en modelos predictivos para el mantenimiento de los activos industriales.

REFERENCIAS

- [1] Y. Liu, Y. Hu, J. Wen, y Y. Tang, «An Overview on Smart Maintenance Service Scheduling System and Theoretical Basis for Agricultural Machinery», en *2018 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData)*, Halifax, NS, Canada, jul. 2018, pp. 766-771. doi: 10.1109/Cybermatics.2018.2018.00151.
- [2] G. Nota, F. D. Nota, D. Peluso, y A. Toro Lazo, «Energy Efficiency in Industry 4.0: The Case of Batch Production Processes», *Sustainability*, vol. 12, n.º 16, Art. n.º 16, ene. 2020, doi: 10.3390/su12166631.
- [3] T. Jiang y C. Yu, «Analysis and improvement of equipment maintenance management fee allocation efficiency based on DEA theory», en *2021 International Conference on E-Commerce and E-Management (ICECEM)*, Dalian, China, sep. 2021, pp. 99-104. doi: 10.1109/ICECEM54757.2021.00028.
- [4] S. Zhang *et al.*, «Impacts of Various Maintenance Tasks on Life-cycle Costs of a Power Grid Project», en *2020 International Conference on Smart Grids and Energy Systems (SGES)*, nov. 2020, pp. 888-892. doi: 10.1109/SGES51519.2020.00163.
- [5] L. Jiadi, H. Yang, L. Huan, Z. Xinli, y L. WenJing, «Research on Data Center Operation and Maintenance Management Based on Big Data», en *2020 International Conference on Computer Engineering and Application (ICCEA)*, mar. 2020, pp. 124-127. doi: 10.1109/ICCEA50009.2020.00033.
- [6] J. Jingyi, «Research on equipment maintenance Information Management based on big data», en *2020 International Conference on Big Data and Informatization Education (ICBDIE)*, abr. 2020, pp. 39-43. doi: 10.1109/ICBDIE50010.2020.00016.
- [7] Z. A. Bukhsh y I. Stipanovic, «Predictive Maintenance for Infrastructure Asset Management», *IT Prof.*, vol. 22, n.º 5, pp. 40-45, sep. 2020, doi: 10.1109/MITP.2020.2975736.
- [8] R. Rosati *et al.*, «From knowledge-based to big data analytic model: a novel IoT and machine learning based decision support system for predictive maintenance in Industry 4.0», *J. Intell. Manuf.*, vol. 34, n.º 1, pp. 107-121, may 2022, doi: 10.1007/s10845-022-01960-x.
- [9] Z. M. Çınar, A. Abdussalam Nuhu, Q. Zeeshan, O. Korhan, M. Asmael, y B. Safaei, «Machine Learning in Predictive Maintenance towards Sustainable Smart Manufacturing in Industry 4.0», *Sustainability*, vol. 12, n.º 19, Art. n.º 19, ene. 2020, doi: 10.3390/su12198211.
- [10] J. Passlick, S. Dreyer, D. Olivotti, L. Grützner, D. Eilers, y M. H. Breitner, «Predictive maintenance as an internet of things enabled business model: A taxonomy», *Electron. Mark.*, vol. 31, n.º 1, pp. 67-87, mar. 2021, doi: 10.1007/s12525-020-00440-5.
- [11] A. Bousdekis, D. Apostolou, y G. Mentzas, «Predictive Maintenance in the 4th Industrial Revolution: Benefits, Business Opportunities, and Managerial Implications», *IEEE Eng. Manag. Rev.*, vol. 48, n.º 1, pp. 57-62, 2020, doi: 10.1109/EMR.2019.2958037.
- [12] G. Nota, D. Peluso, y A. T. Lazo, «The contribution of Industry 4.0 technologies to facility management», *Int. J. Eng. Bus. Manag.*, vol. 13, pp. 1-14, ene. 2021, doi: 10.1177/18479790211024131.



Alonso Toro Lazo: Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Pereira (Colombia), Magister en Gestión y Desarrollo de Proyectos de Software de la Universidad Autónoma de Manizales (Colombia), Ph.D en Big Data Management en la Universidad de Salerno (Italia). Actualmente es profesor auxiliar de tiempo completo de la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería en la Universidad Católica de Pereira e investigador Asociado del grupo de investigación *Entre Ciencia e Ingeniería* de la misma universidad. Entre sus principales áreas de investigación se encuentran la ingeniería de software, el aseguramiento de la calidad del software (SQA), el testing automatizado, Big data y tecnologías de la industria 4.0 (principalmente Inteligencia Artificial y Analítica de datos, Internet de las cosas para la industria –IIoT y Sistemas Ciber-físicos -CPS). El Prof. Toro es autor de más de 25 artículos en revistas indexadas y miembro de comités académicos internacionales como el CICCASI (Argentina), PMI capítulo Italia e IEEE Latinoamérica.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7593-8026>.