



Estudio de técnicas y tecnologías para implementar mantenimiento predictivo en sistemas eléctricos industriales

Study of techniques and technologies to implement predictive maintenance in industrial electrical systems

Estudo de técnicas e tecnologias para a implementação de manutenção preditiva em sistemas elétricos industriais

Jordy Alexander Lopez Llerena ^I

jordy.lopez4327@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-9356-718X>

Francisco Alejandro Llanganate Morales ^{II}

francisco.llanganate5095@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0006-3140-8799>

Walter Paul Rueda Flores ^{III}

walter.rueda5@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-6441-3428>

Mauricio Eduardo Mullo Pallo ^{IV}

mauricio.mullo@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0004-4228-4344>

Correspondencia: jordy.lopez4327@utc.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 17 de febrero de 2025 * **Aceptado:** 26 de marzo de 2025 * **Publicado:** 30 de abril de 2025

- I. Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.
- III. Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.
- IV. Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.

Resumen

El artículo científico "Estudio de técnicas y tecnologías para implementar mantenimiento predictivo en sistemas eléctricos industriales" aborda la importancia del mantenimiento predictivo en el ámbito industrial, especialmente en sistemas eléctricos. Se analizan diversas técnicas y tecnologías que permiten anticipar fallos y optimizar el rendimiento de los equipos.

El mantenimiento predictivo se fundamenta en la recolección y análisis de datos en tiempo real, lo que posibilita identificar patrones y tendencias que indican el estado de los sistemas eléctricos. Con el propósito de cumplir con el objetivo de estudio, se aplicó un análisis de las fuentes de información documentales, que permita conceptualizar y fundamentar la importancia del mantenimiento predictivo.

Finalmente, se concluye que la implementación de un programa de mantenimiento predictivo no solo mejora la confiabilidad de los sistemas eléctricos industriales, sino que también genera un impacto positivo en la sostenibilidad y rentabilidad de las operaciones industriales. Se recomienda una planificación adecuada y capacitación del personal para maximizar los beneficios de estas tecnologías.

Palabras clave: Estudio de Técnicas; Mantenimiento Predictivo; Análisis de Datos.

Abstract

The scientific article "Study of Techniques and Technologies for Implementing Predictive Maintenance in Industrial Electrical Systems" addresses the importance of predictive maintenance in the industrial field, especially in electrical systems. Various techniques and technologies are analyzed that allow for anticipating failures and optimizing equipment performance.

Predictive maintenance is based on the collection and analysis of real-time data, which makes it possible to identify patterns and trends that indicate the status of electrical systems. To achieve the study objective, an analysis of documentary information sources was applied, allowing the conceptualization and substantiation of the importance of predictive maintenance.

Finally, it is concluded that the implementation of a predictive maintenance program not only improves the reliability of industrial electrical systems but also has a positive impact on the sustainability and profitability of industrial operations. Proper planning and personnel training are recommended to maximize the benefits of these technologies.

Keywords: Study of Techniques; Predictive Maintenance; Data Analysis.

Resumo

O artigo científico "Estudo de técnicas e tecnologias para a implementação de manutenção preditiva em sistemas elétricos industriais" aborda a importância da manutenção preditiva no setor industrial, especialmente em sistemas elétricos. São analisadas diversas técnicas e tecnologias para antecipar falhas e otimizar o desempenho dos equipamentos.

A manutenção preditiva baseia-se na recolha e análise de dados em tempo real, o que permite identificar padrões e tendências que indicam o estado dos sistemas elétricos. Para dar resposta ao objetivo do estudo, foi aplicada uma análise de fontes de informação documental, permitindo conceptualizar e justificar a importância da manutenção preditiva.

Por fim, conclui-se que a implementação de um programa de manutenção preditiva não só melhora a fiabilidade dos sistemas elétricos industriais, como também tem um impacto positivo na sustentabilidade e na rentabilidade das operações industriais. O planeamento adequado e a formação da equipa são recomendados para maximizar os benefícios destas tecnologias.

Palavras-chave: Estudo de Técnicas; Manutenção Preditiva; Análise de dados.

Introducción

El mantenimiento predictivo se ha convertido en una estrategia fundamental para la gestión eficiente de la infraestructura eléctrica en entornos industriales (Reina-Pérez, Reina-Quinóñez, Valencia, Chere, & Cóngora, 2017). A medida que las empresas buscan maximizar la disponibilidad de sus equipos y reducir costos operativos, la necesidad de adoptar enfoques proactivos en el mantenimiento se vuelve cada vez más evidente. Este estudio tiene como objetivo explorar las diversas técnicas y tecnologías que pueden ser implementadas para optimizar el mantenimiento predictivo en sistemas eléctricos industriales (Ramos & Corrales, 2024). Se basa en la monitorización continua del estado de los equipos y sistemas, utilizando datos en tiempo real para prever fallos antes de que ocurran. A diferencia del mantenimiento correctivo, que reacciona a desperfectos ya ocurridos, y del soporte preventivo, que se realiza en intervalos regulares sin considerar el estado real del equipo, el sostenimiento predictivo busca maximizar la vida útil de los componentes y minimizar interrupciones no planificadas. (Itcssystem, 2022).

En la actualidad, la industria enfrenta desafíos significativos relacionados con la eficiencia operativa y la reducción de costos. Uno de los enfoques más prometedores para abordar estos

desafíos es el mantenimiento predictivo, una estrategia que permite anticipar fallos en los equipos y sistemas antes de que ocurran, minimizando así el tiempo de inactividad y optimizando los recursos. Este enfoque se basa en el análisis de datos recopilados a través de diversas técnicas y tecnologías, que permiten identificar patrones y tendencias que indican el estado de los sistemas eléctricos industriales.

El mantenimiento predictivo no solo mejora la fiabilidad de los equipos, sino que también contribuye a la sostenibilidad de las operaciones industriales al reducir el desperdicio de recursos y prolongar la vida útil de los activos. Sin embargo, la implementación efectiva de estas técnicas requiere un entendimiento profundo de las tecnologías disponibles, tales como el Internet de las Cosas (IoT), el análisis de datos y la inteligencia artificial, así como de los métodos de monitoreo y diagnóstico.

El mantenimiento predictivo se basa en tres principios fundamentales:

- El monitoreo de condiciones implica el uso de sensores y sistemas de adquisición de datos para medir parámetros críticos de los equipos eléctricos, como vibraciones, temperatura, corriente, tensión y ruido. Estas mediciones permiten identificar desviaciones que podrían indicar fallas inminentes.
- El análisis de datos emplea algoritmos de aprendizaje automático, técnicas estadísticas y herramientas de análisis predictivo para interpretar la información recopilada. Gracias a este enfoque, es posible estimar el tiempo de vida útil restante de los componentes y priorizar las intervenciones de mantenimiento de manera más eficiente.
- La acción proactiva implica ejecutar actividades de mantenimiento sólo cuando los datos predicen una probabilidad elevada de falla. Esto minimiza las intervenciones innecesarias y reduce los costos asociados.

La implementación efectiva del mantenimiento predictivo enfrenta desafíos significativos (Cahuasqui & Zapata, 2023). La integración de nuevas tecnologías con sistemas existentes puede ser compleja y costosa, requiriendo una planificación cuidadosa y recursos considerables. La calidad y gestión de los datos recopilados son fundamentales; datos inexactos o mal interpretados pueden conducir a diagnósticos erróneos (Sinha & Lee, 2024). Además, es esencial capacitar al personal para manejar estas tecnologías avanzadas, garantizando una transición efectiva y el máximo aprovechamiento de las herramientas disponibles. (Villazán, 2019).

Este artículo tiene como objetivo explorar las diversas técnicas y tecnologías aplicables para la implementación de un sistema de mantenimiento predictivo en sistemas eléctricos industriales. Se analizarán casos de estudio y se discutirán las metodologías más efectivas, así como los desafíos y oportunidades que presenta la integración de estas soluciones en el entorno industrial. A través de esta investigación, se busca ofrecer una visión integral que permita a las empresas adoptar estrategias de mantenimiento más avanzadas y alineadas con las tendencias actuales de la industria 4.0.

Metodología

La metodología utilizada en el presente estudio, se enfocó en realizar un análisis de fuentes documentales sobre mantenimiento predictivo, incluyendo técnicas, herramientas, tecnologías y estudios de caso relevantes. De la misma manera, se realizó estudio de tesis y artículos de revistas que respondan a nuestro objeto de estudio. Todo esto, para identificar las tendencias actuales y los desafíos en el mantenimiento de sistemas eléctricos industriales.

Desarrollo

De acuerdo a la investigación documental realizada en nuestro objeto de estudio, se puede evidenciar que existen diferentes tipos de mantenimiento en sistemas eléctricos industriales. Lo cual se puede clasificar en varios tipos, dependiendo de los criterios que se utilicen para su clasificación. A continuación, se mencionan algunos de los tipos más comunes:

1. **Mantenimiento programado:** Se realiza en intervalos específicos de tiempo, independientemente del estado del equipo. Esto puede incluir revisiones periódicas, limpieza y ajustes. (Silva, 2023)
2. **Mantenimiento basado en el tiempo:** Similar al mantenimiento programado, pero se basa en el tiempo de operación o ciclos de uso del equipo. Por ejemplo, realizar mantenimiento cada 500 horas de funcionamiento. (Gualán & Lucero, 2011)
3. **Mantenimiento predictivo:** Utiliza técnicas de monitoreo y análisis para prevenir fallos antes de que ocurran. Esto puede incluir el uso de termografía, análisis de vibraciones y pruebas eléctricas. (Cherres, 2015)

4. **Mantenimiento condicional:** Se lleva a cabo cuando ciertos parámetros o condiciones indican que el equipo puede necesitar atención. Esto se basa en el monitoreo continuo del estado del equipo. (Paredes, Carreño, & Méndez, 2018)
5. **Mantenimiento sistemático:** Se basa en la experiencia y el historial de fallos de los equipos. Se realizan tareas de mantenimiento en función de la probabilidad de fallo basada en datos históricos. (Fernández, 2018)
6. **Mantenimiento por inspección:** Consiste en realizar revisiones visuales y pruebas de equipos eléctricos para identificar desgastes, corrosión o fallos inminentes. (Pérez, 2021)
7. **Mantenimiento estandarizado:** Involucra la implementación de procedimientos y estándares específicos para garantizar que el mantenimiento se realice de manera uniforme y efectiva. (Tafurt, 2012)

Se evidencia que el mantenimiento predictivo nos permite monitorear y dar seguimiento al estado en el que se encuentra el equipo, con el propósito de identificar los desperfectos que pudieran presentarse en un futuro. Este mantenimiento predictivo tiene como propósito evitar que el equipo falle durante su período de vida útil. Cabe indicar que el propósito del mantenimiento preventivo en sistemas eléctricos industriales es asegurar el funcionamiento eficiente, seguro y continuo de los equipos y sistemas eléctricos a lo largo del tiempo (Ortiz, 2024). Algunos de los objetivos específicos del mantenimiento predictivo incluyen:

- **Minimizar el tiempo de inactividad:** Al realizar mantenimiento regular, se pueden identificar y corregir problemas antes de que causen fallas significativas, lo que reduce el tiempo de inactividad no planificado.
- **Aumentar la vida útil de los equipos:** El mantenimiento predictivo ayuda a prolongar la vida útil de las componentes eléctricas al evitar el desgaste excesivo y desperfectos prematuros.
- **Mejorar la seguridad:** Al mantener los sistemas eléctricos en condiciones óptimas, se reducen los riesgos de accidentes laborales, incendios y otros peligros asociados con fallos eléctricos.
- **Optimizar el rendimiento:** Un mantenimiento adecuado garantiza que los equipos operen a su máxima eficiencia, lo que puede traducirse en un menor consumo de energía y una mejor calidad del producto.

- **Reducir costos a largo plazo:** Aunque el mantenimiento predictivo implica un costo inicial, a menudo resulta en ahorros significativos al evitar reparaciones costosas y pérdidas de producción debido a fallas inesperadas.
- **Cumplir con normativas y estándares:** Muchas industrias están sujetas a regulaciones que exigen la realización de mantenimiento regular para garantizar la seguridad y el funcionamiento adecuado de los equipos eléctricos.
- **Facilitar la planificación y gestión de recursos:** Un programa de mantenimiento predictivo bien estructurado permite a las empresas optimizar mejor sus recursos, tanto humanos como materiales, al establecer un calendario de actividades y requerimientos.

De acuerdo a (Ordoñez & Nieto, 2010), el mantenimiento predictivo es fundamental para garantizar la fiabilidad, seguridad y eficiencia de los sistemas eléctricos industriales, contribuyendo así al éxito general de la operación.

El mantenimiento predictivo en sistemas eléctricos industriales es una estrategia de gestión que se centra en anticipar y prevenir fallos en los equipos eléctricos mediante la monitorización continua y el análisis de su estado. A diferencia del mantenimiento correctivo, que actúa una vez que se presenta un problema, o del mantenimiento preventivo, que se basa en intervalos de tiempo y actividades programadas, el mantenimiento predictivo utiliza técnicas de diagnóstico y herramientas de medición para evaluar el rendimiento de los equipos en tiempo real. (Suazo, 2025)

Entre las técnicas comunes de mantenimiento predictivo se incluyen:

1. **Termografía:** Utiliza cámaras infrarrojas para identificar puntos calientes en componentes eléctricos que podrían indicar un fallo inminente.
2. **Análisis de vibraciones:** Monitoriza las vibraciones de motores y otros equipos para detectar desequilibrios o desgastes que puedan causar fallos.
3. **Ultrasonido:** Capta sonidos que son inaudibles para el oído humano, permitiendo identificar problemas en equipos eléctricos y mecánicos.
4. **Análisis de aceite:** Evalúa la calidad del aceite en transformadores y otros equipos para detectar contaminantes y desgastes.
5. **Monitorización de corriente y voltaje:** Permite identificar anomalías en el consumo eléctrico que pueden indicar problemas en los motores o en la red eléctrica.
6. **Internet de las Cosas (IoT):** Implementación de sensores conectados para recopilar datos de manera continua. Facilita la analítica de datos y la predicción de fallos.

(Arroyo & Obando, 2022), el objetivo del mantenimiento predictivo es maximizar la disponibilidad de los equipos, reducir tiempos de inactividad no planificados, optimizar los costos de mantenimiento y prolongar la vida útil de los activos. Al implementar un programa de mantenimiento predictivo, las empresas pueden tomar decisiones informadas sobre cuándo y cómo realizar las intervenciones necesarias, mejorando así la eficiencia operativa en sus instalaciones industriales.

Conclusión

Tras realizar el estudio sobre las técnicas y tecnologías para implementar el mantenimiento predictivo en sistemas eléctricos industriales, se concluye que este enfoque es crucial y altamente efectivo para optimizar la operatividad y eficiencia de dichos sistemas.

Se puede observar que el mantenimiento predictivo permite anticipar las fallas antes de que ocurran, lo que aumenta la fiabilidad de los equipos y disminuye el tiempo de inactividad no programado. Como resultado, se logra una mayor disponibilidad de los sistemas eléctricos, lo que se traduce en una producción más continua y estable.

La implementación de técnicas de mantenimiento predictivo, como el análisis de vibraciones, termografía y monitoreo de condiciones, ha demostrado ser más costo-efectiva a largo plazo que los enfoques tradicionales de mantenimiento correctivo o preventivo. Al evitar paradas inesperadas y optimizar las intervenciones, las empresas pueden reducir significativamente los costos operativos.

Este estudio demuestra la relevancia de integrar tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), inteligencia artificial y análisis de big data, que permiten un monitoreo en tiempo real de los equipos y una mejor toma de decisiones. Estas tecnologías facilitan la recolección y el análisis de datos, lo que mejora la precisión de las predicciones sobre el estado de los equipos.

Para el éxito de la implementación del mantenimiento predictivo, es crucial fomentar una cultura organizacional orientada a la innovación y la capacitación continua del personal. La formación en nuevas tecnologías y metodologías permitirá al personal adaptarse a los cambios y maximizar el potencial de las herramientas de mantenimiento predictivo. A pesar de los beneficios, el estudio también identifica desafíos como la inversión inicial en tecnología, la resistencia al cambio y la necesidad de contar con personal capacitado. Superar estos obstáculos es esencial para una implementación efectiva y sostenible del mantenimiento predictivo.

Para concluir; podemos indicar que el mantenimiento predictivo en sistemas eléctricos industriales representa una evolución significativa en la gestión del mantenimiento, ofreciendo ventajas competitivas a las empresas que lo adopten. La combinación de técnicas adecuadas, tecnologías avanzadas y un enfoque proactivo en la capacitación del personal puede llevar a una optimización considerable de los procesos industriales.

Referencias

1. Arroyo, C., & Obando, R. (2022). Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos. *Journal Of Engineering Sciences*, 4(10). doi:<https://doi.org/10.53734/esci.vol4.id240>
2. Cahuasqui, E., & Zapata, S. (2023). Mantenimiento Predictivo de rotación de personal en Microempresas con IA. *Journal Of Science And Research*, 8(4). doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.10002079>
3. Cherres, D. (2015). Estudio de implementación del sistema predictivo en la compañía ecuatoriana del Caucho Erco. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11282/1/UPS-CT005547.pdf>
4. Fernández, E. (2018). Gestión de Mantenimiento: Lean. Universidad de Oviedo. Obtenido de <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf;jsessionid=86F67045012B52D2F036AC098BF266C4?sequence=1>
5. Gualán, N., & Lucero, C. (2011). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para el área de preparación de la emoresa Francelana S.A. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3983/1/CD-3751.pdf>
6. Itcssystem. (21 de abril de 2022). Diferencia entre mantenimiento correctivo y preventivo. Obtenido de <https://www.itcssystem.es/diferencia-entre-mantenimiento-correctivo-y-preventivo/>

7. Ordoñez, J., & Nieto, L. (2010). Mantenimiento de sistemas eléctricos de distribución. Guayaquil: Universidad Politécnica Saleniana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2119/15/UPS-GT000156.pdf>
8. Ortiz, C. (24 de Septiembre de 2024). Métrica Soluciones en energía crítica. Obtenido de <https://metrica.cl/mantenimiento-preventivo-y-correctivo-en-sistemas-electricos-criticos/>
9. Paredes, P., Carreño, E., & Méndez, R. (2018). Diseño de un plan de mantenimiento basado en condición para la empresa Molinos Guanentá S.A.S. Revista Matices Tecnológicos(9). Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/267845988.pdf>
10. Pérez, F. (2021). Conceptos Generales en la Gestión del Mantenimiento Industrial (Vol. 1). Bucaramanga: Usta. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/server/api/core/bitstreams/f516cd17-2f00-48d9-b7aa-b49a3e72016a/content>
11. Ramos, J., & Corrales, J. (2024). Mantenimiento Predictivo en Redes Eléctricas Inteligentes (Smart Grids). Revista Científica Dominio de Las Ciencias, 10(3). doi:<https://doi.org/10.23857/dc.v10i3.3946>
12. Reina-Pérez, F., Reina-Quinónez, F., Valencia, N., Chere, B., & Cóngora, J. (2017). El mantenimiento predictivo, eficaz para sistemas eléctricos de potencia. Polo del Conocimiento, 2(12). Obtenido de <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es>
13. Silva, O. (12 de 06 de 2023). Fractal. Obtenido de <https://www.fractal.com/es/blog/que-es-el-mantenimiento-programado-y-como-implementarlo>
14. Sinha, S., & Lee, Y. (2024). Challenges with developing and deploying AI models and applications in industrial systems. Discover Artificial Intelligence. doi:<https://doi.org/10.1007/s44163-024-00151-2>
15. Suazo, L. (30 de Enero de 2025). Tractian. Obtenido de Las mejores técnicas de Mantenimiento Predictivo: <https://tractian.com/es/blog/tecnicas-de-mantenimiento-predictivo-utilizadas-en-la-industria>

16. Tafurt, A. (2012). Estandarización de los procesos del área de mantenimiento de los laboratorios de las Facultades de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud de la Universidad ICESI. Santiago de Cali: Universidad Icesi. Obtenido de <https://repository.icesi.edu.co/server/api/core/bitstreams/5f9b8cf1-8d93-7785-e053-2cc003c84dc5/content>
17. Villazán, B. (2019). El Mantenimiento Predictivo en la Industria 4.0. España: Fujtisu. Obtenido de https://www.clubexcelencia.org/system/files/migrated/knowledge/documents/files/el_mantenimiento_predictivo_en_la_industria_4.0_.pdf

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).