



FACULTAD DE INGENIERÍA

**APLICACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y ANALÍTICA PREDICTIVA PARA
OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA AMARILLA
PESADA EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA**

Especialización Gerencia Mantenimiento

Arles Miguel Cangrejo Manrique

arlescangrejo@hotmail.com

Tunja, Colombia

Junio, 2026

Contenido

1.	Introducción.....	3
2.	Problema	3
3.	Objetivos	5
3.1	Objetivo General.....	5
3.2	Objetivos Específicos.....	5
4.	Metodología	5
5.	Modelo Propuesto por Capas	8
6.	Resultados	9
7.	Aplicación en Colombia	10
8.	Conclusiones	11
9.	Referencias	12



1. Introducción

En el Departamento del Huila opera un amplio parque de maquinaria amarilla que incluye retroexcavadora, motoniveladora, cargadores, bulldozers y volquetas, que son fundamentales para la infraestructura vial y obras públicas. Sin embargo, se ha evidenciado un gran deterioro en el rendimiento y disponibilidad de esta maquinaria que presenta fallas repetitivas, tiempos de inactividad prolongadas y un aumento en el costo de reparación, lo que genera retrasos en las obras y pérdidas económicas. Esta problemática se agrava por falta de gestión técnica y logística, además de políticas de mantenimiento y la falta de cultura predictiva.

Frente a esta situación se elaboró el proyecto Implementar un modelo de inteligencia artificial y analítica predictiva para optimizar la gestión del mantenimiento en maquinaria pesada en el Huila, mediante el análisis de datos históricos, análisis de aceite, vibraciones y registros de mantenimiento, con el fin de estimar la vida útil de los equipos y mejorar la toma de decisiones operativas. El procedimiento propuesto se fundamenta en la normatividad técnica ISO14224 con el cual se implementa monitoreo de variables críticas (vibración, temperatura, lubricación) que permite al ente gubernamental poder anticiparse a las fallas, extender la vida útil de los equipos.

2. Problema

El Departamento del Huila cuenta con una amplia infraestructura vial y un importante parque de maquinaria amarilla que está destinada para la construcción, mantenimiento y mejoramientos de las vías, así también el desarrollo de proyectos agrícolas, mineros y obras públicas. Sin embargo, en los últimos años se ha evidenciado deterioro progresivo en el rendimiento y disponibilidad de esta maquinaria, lo que ha generado retrasos en la ejecución de obras, aumentando los costos de reparación y en algunos casos, pérdidas económicas para la entidades públicas y privadas encargadas de su operación.

Esta maquinaria incluye equipos como retroexcavadoras, motoniveladoras, cargadores, bulldozers, compactadoras y volquetas, la falta de estrategias de mantenimiento ha llevado al deterioro de los equipos, incremento de costos operativos y la disponibilidad de las máquinas en proyectos de infraestructura para el departamento.

El ente gubernamental no es ajeno a evidenciar dificultades en la gestión técnica y logística del mantenimiento de la maquinaria amarilla, que se ve reflejado en tiempos de inactividad, averías repetitivas y gastos imprevistos. Esta problemática se agrava por la falta de políticas unificadas de mantenimiento, registros históricos incompletos y la falta de cultura preventiva entre los operarios y los encargados de la maquinaria. Según el Ministerio de Transporte (2023) en entidades territoriales del sur colombiano la maquinaria presenta problemas técnicos y operativos, lo que hace que aumente la productividad y riesgos de accidentes laborales.

Frente a esta situación el mantenimiento predictivo surge como una alternativa eficaz que permite enfrentar esta problemática. Este tipo de mantenimiento predictivo permite medir y analizar variables como vibraciones, temperatura, presión, consumo energético y lubricación, con el objetivo de poder anticiparse a las fallas antes de que ocurran. La implementación del plan de mantenimiento predictivo en la maquinaria amarilla del Departamento del Huila permite que se pueda optimizar los recursos públicos, extender la vida útil y garantizar la seguridad de los trabajadores y cumplimiento en el cronograma de obras. Según García y Rodríguez (2022) la aplicación de estrategias de mantenimiento predictivo puede disminuir en un 40% los costos operativos y aumenta en un 25% la disponibilidad operativa de la maquinaria.

Diversos estudios (Olarte et al, 2010; Villada et al 2016; Toro, 2023) evidencia que el adoptar programas de mantenimiento predictivo, permite reducir costos y mejorar la prestación del servicio para las diferentes obras que se requieren. No obstante el Departamento del Huila existen desafíos importantes para la implementación de este tipo de mantenimiento, dentro de estos se encuentra la falta de personal especializado para conocer la condición de la maquinaria, así como también la carencia de instrumentos de monitoreo moderno, la escasa articulación entre los entes territoriales, los proveedores de servicios técnicos, la falta de normatividad específica para la gestión integral del mantenimiento de maquinaria amarilla, impidiendo que se lleve un control eficiente del ciclo de vida de los equipos.



Ante este panorama se genera la necesidad de diseñar e implementar un plan de mantenimiento predictivo que esté debidamente estructurada, basado en normatividad técnica colombiana como La Norma Técnica ISO 14224, que le van a permite a la institución gubernamental encargada de estandarizar procedimientos, establecer indicadores de desempeño y adoptar tecnologías que le permitan hacer un diagnóstico a tiempo.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

- Implementar un modelo de inteligencia artificial y analítica predictiva para optimizar la gestión del mantenimiento en maquinaria pesada en el Huila, mediante el análisis de datos históricos, análisis de aceite, vibraciones y registros de mantenimiento, con el fin de estimar la vida útil de los equipos y mejorar la toma de decisiones operativas.

3.2 Objetivos Específicos

- Estructurar y digitalizar los registros históricos de mantenimiento predictivos y hoja de vida de la maquinaria amarilla bajo los lineamientos de la ISO 14224 para garantizar la calidad y trazabilidad de la información.
- Aplicar técnicas predictivas (análisis de aceite, análisis de vibraciones, monitoreo de variables operativas) que permita identificar desgastes y poder estimar la vida útil residual de la maquinaria amarilla.
- Validar un soporte a la decisión que permita con base en datos predictivos, intervención, reparación o retiro de la maquinaria del parque automotor.

4. Metodología

Enfoque de la investigación

- cuantitativa/computacional.

Fases

- Recolección de Datos
- Hoja de vida de equipos
- Historial de mantenimientos
- Registro de fallas
- Resultados de análisis de aceite
- Datos de vibraciones y operación

Organización

- Revisión y organización base de datos
- Clasificación de variables críticas
- Integración de información histórica

Implementación del Modelo

- Aplicación de algoritmos de inteligencia artificial
- Modelos de predicción de fallas
- Estimación de vida útil remanente

Análisis

- Interpretación de resultados
- Priorización del riesgo
- Recomendaciones de mantenimiento

5. Fuentes de Datos del Modelo

El modelo esta alineado en cinco fuentes de datos

- **Historia de mantenimientos preventivos**

Corresponde a los registros acumulados de las intervenciones que se programan y se realizan en cada máquina (qué se hizo, cuándo, con qué frecuencia fallaron los componentes, cuánto tiempo tardó la reparación (MTTR) y cuánto tiempo funciono sin falla (MTBF). Esta es la base para que el algoritmo aprenda patrones históricos de falla y pueda anticiparse cuándo un componente está próximo a fallar de nuevo.

- **Hoja de vida del equipo**

Cada hoja de vida es para cada máquina, se registra horas de operación acumuladas desde su fabricación, todas las intervenciones que se han realizado, repuestos, reparaciones mayores, costos de cada evento. El modelo hace uso de estos datos para estimar la vida útil residual (RUL) de cada máquina y compara su históricos acumulado frente al valor de reposición así justifica la decisión de reparar o dar de baja.

- **Análisis de aceite**

Se toman muestras periódicas del aceite del motor, la transmisión o el sistema hidráulico y analizar en laboratorio mediante la detección de partículas sólidas de desgaste metálico (Ferrografía) y la identificación de metales en la suspensión como hierro, cobre y plomo (espectrometría). Con esto el modelo aprende que la combinación de elementos y concentraciones precede a cada tipo de falla.

- **Análisis de Vibraciones**

Se instalan acelerómetros en puntos críticos de la maquina como en los rodamientos, ejes, cajas de reducción. Las vibraciones capturadas se procesan con transformada rápida de Fourier (FFT) que descompone la señal en frecuencias específicas. El modelo detecta el cambio que indica deterioro meses antes de que ocurra la falla.

- **Variables operativas IoT**

Son los datos que se generan en los sensores instalados directamente en los equipos de manera continua como temperatura del motor y del refrigerante, presión del sistema hidráulico, presión de neumáticos, consumo de combustibles, horas de operación del día, velocidad y carga. cuando estos valores no están en los rangos normales, el modelo cruza estas señales en tiempo real para confirmar la falla.

Tabla 1

Fuente de Datos del Modelo

Fuente	Técnica / Variable	Decisión que Habilita
Historial PM	Frecuencia de fallas, OT correctiva, MTBF/MTTR	Ajustar Planes de Mantenimiento Preventivo
Hoja de Vida	Horas acumuladas, intervenciones, repuestos usados.	Estimar vida útil residual (RUL) por equipo
Análisis de aceite	Viscosidad, metales en suspensión, contaminantes.	Detectar desgaste interno antes de falla visible
Análisis de vibración	FFT, RMS, espectros de frecuencia (rodamientos, ejes)	Detectar desgaste interno antes de falla visible.
Variables Operativas	Temperatura motor/hidráulico, presión consumo combustible	Detectar anomalías en tiempo real por sensor IoT.

Fuente: Zonta et al (2020)

5. Modelo Propuesto por Capas

Capa 1: Digitalización y Estructuración de Datos

- Pasar registros históricos a un software CMMS, bajo los estándares de la ISO 14224 e incorporar sensores IoT en tiempo real para medir temperaturas, vibración, presión, consumo y detectar fallas antes de que ocurran.

Capa 2: Analítica Predictiva (IA/ML)

- Usar IA y ML para analizar datos históricos, detectar patrones, predecir la falla, condición de la máquina y estimar el tiempo que queda de funcionamiento.

Capa 3. Motor de Decisión Técnica

- Algoritmo de priorización por criticidad y riesgos para ordenar y priorizar que equipos requieren atención.

Capa 4 Dashboard Gerencial y Retroalimentación

- Panel visual de control con KPI en tiempo real (OOEE, MTBF, disponibilidad y análisis TOTEX para justificar las bajas de activos.



Técnica Predictivas Aplicadas

El modelo se enfoca en tres técnicas de monitoreo de condición sobre el parque automotor de maquinaria amarilla del Departamento del Huila.

Análisis de Aceite

- Ferrografía y espectrometría, para detectar partículas de desgaste en el motor, transmisión e hidráulico antes de fallas visibles.
- Análisis de vibraciones, acelerómetros + FFT para identificar el desbalanceo, desalineación, holguras, y fatiga en rodamientos, ejes y cajas.
- Variables Operativas IoT, sensores de temperatura motor/refrigerante, presión hidráulica y consumo. Alertas en tiempo real por umbral.
- Hojas de vida digitales, Historial completo por equipo, intervenciones, repuestos, horas. Base para entrenar modelos de Vida Útil Residual (RUL) mediante algoritmos de Machine Learning (ML).

6. Resultados

- Se realizó el diagnóstico de la gestión de mantenimiento de la maquinaria amarilla del parque automotor del Departamento del Huila, identificando deficiencias en la organización y trazabilidad de la información técnica de los equipos.
- Se recopilaron y analizaron registros históricos de mantenimiento, hojas de vida de maquinaria y reportes de fallas, permitiendo reconocer patrones repetitivos asociados al desgaste mecánico y fallas operativas.
- Se identificaron variables críticas para la implementación de mantenimiento predictivo, entre ellas análisis de aceite, vibraciones, temperatura y horas de operación de los equipos.
- Se estructuró una propuesta de base de datos orientada a la digitalización y organización de la información técnica de la maquinaria pesada bajo criterios de trazabilidad y control.

- Se evidenció que la aplicación de herramientas de inteligencia artificial y analítica predictiva puede contribuir al mejoramiento de la toma de decisiones relacionadas con mantenimiento, reparación y continuidad operativa de los equipos.
- El proyecto permitió establecer criterios técnicos para priorizar intervenciones de mantenimiento preventivo y predictivo en maquinaria con mayor frecuencia de fallas.
- Se fortaleció el conocimiento sobre el uso de tecnologías aplicadas al mantenimiento industrial y su importancia en la optimización de la disponibilidad y confiabilidad de maquinaria pesada en el contexto del Departamento del Huila.

7. Aplicación en Colombia

Durante la visita académica realizada en Brasil se pudo observar de primera mano cómo empresas del sector de infraestructura y minería aplican estrategias de mantenimiento predictivo a su parque de maquinaria pesada. Se evidenció la integración de plataformas de monitoreo continuo con sensores IoT instalados en excavadoras, cargadores y motoniveladoras, permitiendo la recolección en tiempo real de variables como temperatura, vibración y consumo de combustible. Esta experiencia reforzó la viabilidad técnica de implementar soluciones similares en el Departamento del Huila, adaptadas al contexto institucional y presupuestal de las entidades gubernamentales colombianas. Asimismo, se identificó que la estandarización de registros bajo normas como la ISO 14224 es una práctica ampliamente adoptada en el contexto latinoamericano, lo que valida el enfoque metodológico propuesto en este trabajo.

El contacto directo con profesionales del área permitió también reconocer la importancia de la cultura organizacional en la adopción del mantenimiento predictivo: no basta con implementar tecnología, sino que es necesario capacitar al personal operativo y técnico, establecer protocolos claros de seguimiento y asegurar la continuidad en la recolección de datos. Estos aprendizajes son directamente aplicables a la realidad del parque automotor del Huila.

8. Conclusiones

- El diagnóstico realizado al parque automotor del Departamento del Huila evidenció deficiencias críticas en la organización y trazabilidad de la información técnica, confirmando que la ausencia de registros estructurados es el principal obstáculo para implementar estrategias de mantenimiento predictivo basadas en inteligencia artificial.
- El análisis de los registros históricos de mantenimiento y hojas de vida de la maquinaria permitió identificar patrones repetitivos de falla asociados al desgaste mecánico, siendo las variables de aceite, vibraciones, temperatura y horas de operación las más relevantes para alimentar los modelos predictivos de vida útil residual (RUL).
- La propuesta de base de datos estructurada bajo los lineamientos de la ISO 14224, combinada con el modelo por capas de analítica predictiva, proporciona al ente gubernamental del Huila una hoja de ruta concreta para priorizar intervenciones en los equipos con mayor frecuencia de fallas y reducir los costos operativos asociados a mantenimientos correctivos no planificados.
- La experiencia de la misión académica en Brasil confirmó que la adopción exitosa del mantenimiento predictivo en entidades de infraestructura pública requiere no solo tecnología, sino también capacitación del personal operativo, protocolos estandarizados de recolección de datos y una cultura organizacional orientada a la prevención, aspectos que deben ser abordados de forma integral en el Departamento del Huila para garantizar la sostenibilidad del modelo propuesto.

9. Referencias

- Mestas, J. J. (2025). Propuesta para incrementar el periodo de cambio de aceite empleando el mantenimiento predictivo en la flota de tractocamiones Kenworth T800. Universidad Continental. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/17561/2/IV_FIN_108_TE_Chambi_Mestas_2025.pdf
- Crespo M, A. (2021). Gestión del mantenimiento industrial: estrategias y técnicas para la optimización de activos. Barcelona: Reverté. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=232288>
- Martínez G. J (2018) Mantenimiento Predictivo, Universitat Oberta de Catalunya, <https://openaccess.uoc.edu/server/api/core/bitstreams/d428dbbb-3746-42dd-aac9-4beb158489e3/conten>
- Organización Internacional de Normalización. (2016). Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural — Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos (ISO 14224:2016). ISO. <https://www.iso.org/standard/64076.html>
- Moubray, J. (1997). Mantenimiento centrado en la confiabilidad (2.^a ed.). Butterworth-Heinemann. <https://www.sciencedirect.com/book/9780750646951/reliability-centered-maintenance>
- Ministerio de Transporte. (2023). Informe de gestión de maquinaria y mantenimiento vial en Colombia. Ministerio de Transporte. <https://mintransporte.gov.co/loader.php?IServicio=Tools2&ITipo=descargas&IFuncion=visorpdf&file=https%3A%2F%2Fmintransporte.gov.co%2Floader.php%3FIServicio%3DTools2%26ITipo%3Ddescargas%26IFuncion%3DexposeDocument%26idFile%3D34716%26tmp%3D314a7293c860215221e8e3d97cddc2ba%26urlDeleteFunction%3Dhttps%253A%252F%252Fmintransporte.gov.co%252Floader.php%253FIServicio%253DTools2%2526ITipo%253Ddescargas%2526IFuncion%253DdeleteTemporalFile%2526tmp%253D314a7293c860215221e8e3d97cddc2ba&pdf=1&tmp=314a7293c860215221e8e3d97cddc2ba&fileItem=34716>
- García, J., y Rodríguez, P. (2022). Mantenimiento predictivo aplicado a maquinaria pesada. Revista Ingeniería y Desarrollo, 18(2), 45-58. DOI:10.65093/aci.v15.n4.2024.3 <https://acjournal.cl/index.php/ojs/article/view/3>
- Olarte C., W., Botero Arbeláez, M., y Cañon Zabaleta, B. (2010). Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. Scientia et Technica, 2(45). <https://doi.org/10.22517/23447214.355>
- Villada, F., Moreno, G., & Valencia, J. (2016). El mantenimiento predictivo y su efecto en la optimización de costos de mantenimiento. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.326346>
- Toro Lazo, A. (2023). El enfoque predictivo de la inteligencia artificial como herramienta para el mantenimiento de maquinaria industrial: una mirada desde la Industria 4.0. Entre Ciencia e Ingeniería. <https://doi.org/10.31908/19098367.3130>
- Zonta, T., da Costa, C. A., da Rosa Righi, R., de Lima, M. J., da Trindade, E. S., y Li, G. P. (2020). Mantenimiento predictivo en la Industria 4.0: Una revisión sistemática de la literatura. Computers & Industrial Engineering, 150, 106889. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106889>