

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE APLICATIVO MÓVIL DESARROLLADO
MEDIANTE MICROSOFT POWER PLATFORM PARA LA GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA PAVIMENTOS COLOMBIA SAS.**

Ing. Diego Fernando Granados Montoya

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director

Ing. Edison David Roberto Ortiz
Ingeniero Mecánico
Especialista en Dirección y Gestión de la Calidad

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas
Escuela de Ingeniería Mecánica
Especialización en Gerencia de Mantenimiento
Bucaramanga
2025

Dedicatoria

Dedico este logro a mi familia, cuyo apoyo incondicional y motivación han sido fundamentales en este proceso; a mis docentes, por su guía y enseñanzas que enriquecieron mi formación; y a mis compañeros y colegas, por su colaboración y valiosos aportes. A todos ellos, gracias por ser parte de este camino, por inspirarme a dar lo mejor de mí y por contribuir de manera significativa al desarrollo de este proyecto.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por brindarme la fortaleza y sabiduría necesaria para afrontar y culminar este proceso. A mi familia, por estar presente en cada paso con palabras de ánimo y apoyo constante. A mis docentes, por su acompañamiento y por compartir conocimientos que enriquecieron esta experiencia académica. A mis compañeros y colegas, cuyas experiencias compartidas fueron parte de este proceso. Y a Pavimentos Colombia SAS, por brindar el espacio y los recursos necesarios para desarrollar esta iniciativa.

Tabla de Contenido

	Pág
Introducción	12
1. Objetivos	15
1.1. Objetivo General	15
1.2. Objetivos Específicos	15
2. Justificación	16
3. Marco Teórico.....	18
3.1. Conceptos fundamentales del mantenimiento	18
3.1.1. Tipos de mantenimiento	19
3.2. Tecnologías aplicadas a la gestión del mantenimiento	20
3.2.1. Sistemas de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora (CMMS)	21
3.2.2. Internet de las Cosas (IoT) aplicado al mantenimiento	22
3.2.3. Big Data e Inteligencia Artificial en mantenimiento.....	22
3.2.4. Aplicaciones móviles para la gestión del mantenimiento	23
3.3. Importancia del diligenciamiento preoperacional en la gestión del mantenimiento	23
3.3.1. Definición y alcance del diligenciamiento preoperacional	24
3.3.2. Beneficios del diligenciamiento preoperacional en la gestión del mantenimiento	25
3.3.3. Limitaciones de los métodos tradicionales de diligenciamiento preoperacional	25
3.3.4. Digitalización del diligenciamiento preoperacional y su impacto en la gestión del mantenimiento	26
3.4. Power Platform – Microsoft.....	27
4. Desarrollo del aplicativo móvil en Power Platform.....	29
4.1. Análisis DOFA – requerimientos iniciales para el desarrollo del aplicativo móvil.....	30

4.2.	Desarrollo de la interfaz en Power Apps.....	32
4.2.1.	Módulos principales de la pantalla principal.....	33
4.3.	Almacenamiento de datos en Sharepoint.	37
5.	Análisis de datos en Power BI.....	38
5.1.	Metodología 5S: Un enfoque para el orden y precisión en el análisis de datos.....	39
6.	Evaluación de efectividad y funcionalidad del aplicativo móvil	41
6.1.	Metodología de evaluación	42
6.2.	Análisis de resultados.....	44
6.3.	Percepción del usuario.....	45
6.4.	Resistencia al cambio y adopción tecnológica en mantenimiento	48
7.	Conclusiones y recomendaciones.....	50
8.	Referencias	53

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Evaluación 5S aplicada al entorno de integración con Power BI</i>	39
Tabla 2 <i>Tiempo promedio por operador en diligenciamiento preoperacional</i>	43
Tabla 3 <i>Escala de evaluación en encuesta de percepción.</i>	45
Tabla 4 <i>Resultados de encuesta de percepción</i>	46

Lista de Figuras

Figura 1 *Análisis DOFA de la implementación de la aplicación para el diligenciamiento preoperacional.*..... 31

Figura 2 *Pantalla de inicio de sesión y pantalla principal del aplicativo desarrollado.* 34

Figura 3 *Modulo de información del equipo. Visualización de datos de mantenimiento, SOAT y RTM.*..... 35

Figura 4 *Formulario de inspección preoperacional digital diseñado en el aplicativo móvil.* 36

Figura 5 *Tablero de análisis de los datos obtenidos del registro preoperacional* 41

Glosario

Aplicación móvil: Programa de software diseñado para ejecutarse en dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes o tabletas, permitiendo realizar tareas específicas de manera eficiente.

CBM (Condition-Based Maintenance): Estrategia de mantenimiento basada en la condición real de los equipos, utilizando datos en tiempo real para predecir fallas y programar intervenciones de manera óptima.

CMMS (Computerized Maintenance Management System): Sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora. Software diseñado para planificar, gestionar y optimizar las actividades de mantenimiento de equipos e infraestructuras, permitiendo el seguimiento de órdenes de trabajo, historial de mantenimiento y control de inventarios.

DOFA: Herramienta de análisis estratégico utilizada para evaluar Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas de un proyecto, empresa o situación específica. Permite identificar factores internos y externos que influyen en la toma de decisiones y el desarrollo de estrategias.

Inteligencia artificial (IA): Rama de la informática que permite a las máquinas simular procesos de inteligencia humana, como el aprendizaje, el razonamiento y la toma de decisiones.

Internet de las cosas (IoT): Red de dispositivos conectados a internet que recopilan y transmiten datos en tiempo real para optimizar procesos y mejorar la eficiencia operativa.

Microsoft Power Platform: Conjunto de herramientas de Microsoft que permite el desarrollo de aplicaciones empresariales, automatización de procesos, análisis de datos y creación de chatbots sin necesidad de programación avanzada.

Power Apps: Plataforma de Microsoft que permite desarrollar aplicaciones personalizadas para mejorar la gestión y automatización de procesos dentro de una organización.

Power BI: Herramienta de análisis de datos de Microsoft que permite visualizar, interpretar y compartir información mediante dashboards e informes interactivos.

RTM (Revisión Técnico-Mecánica): Inspección obligatoria en Colombia que certifica que un vehículo cumple con los estándares de seguridad y emisiones establecidos por la normativa vigente, garantizando su adecuado funcionamiento y reducción del impacto ambiental.

SharePoint: Plataforma de colaboración y gestión documental de Microsoft que permite almacenar, organizar y compartir información en entornos empresariales.

SOAT (Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito): Es un seguro de carácter obligatorio en Colombia que cubre los gastos médicos, indemnizaciones y otros costos derivados de accidentes de tránsito, brindando protección tanto a conductores como a pasajeros y peatones afectados.

TPM (Total Productive Maintenance): Filosofía de mantenimiento productivo total que busca maximizar la eficiencia de los equipos involucrando a toda la organización en la gestión del mantenimiento.

Resumen

Título: Diseño de un prototipo de aplicativo móvil desarrollado mediante Microsoft Power Platform para la gestión de mantenimiento en la empresa Pavimentos Colombia SAS.

Autor: Diego Fernando Granados Montoya

Palabras Clave: Aplicación móvil, digitalización, gestión de mantenimiento, inspección preoperacional, Power BI.

Descripción: En este trabajo se presenta el desarrollo de una aplicación móvil mediante la plataforma Microsoft Power Platform, la cual fue diseñada para optimizar el registro preoperacional de maquinaria, vehículos y equipos en la empresa Pavimentos Colombia SAS. Esta aplicación integra funcionalidades clave para gestionar el mantenimiento preventivo y correctivo, lo que permite la recolección y almacenamiento de datos en tiempo real. Asimismo, facilita el análisis de la información a través de su integración con Power BI, generando reportes que respaldan la toma de decisiones estratégicas desde la gerencia de mantenimiento. Para evaluar la efectividad de la aplicación, se realizaron pruebas controladas con operadores, las cuales demostraron una disminución en los tiempos de diligenciamiento y una mejora en la accesibilidad de la información. De esta manera, se identificaron oportunidades para optimizar la experiencia del usuario y fomentar una mayor adopción del sistema. Así, los resultados obtenidos validan la viabilidad de la aplicación como una herramienta destinada a mejorar la eficiencia operativa y la gestión del mantenimiento dentro de la empresa.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Ing. Edison David Roberto Ortiz. Especialista en Dirección y Gestión de la Calidad

Abstract

Title: Design of a mobile application prototype developed using microsoft power platform for maintenance management at Pavimentos Colombia SAS.

Author: Diego Fernando Granados Montoya

Key Words: Mobile application, Digitalization, Maintenance management, Pre-operational inspection, Power BI

Description: This paper presents the development of a mobile application using the Microsoft Power Platform, designed to optimize the pre-operational registration of machinery, vehicles, and equipment at Pavimentos Colombia SAS. This application integrates key functionalities for managing preventive and corrective maintenance, enabling real-time data collection and storage. It also facilitates information analysis through its integration with Power BI, generating reports that support strategic decision-making by maintenance management. To evaluate the application's effectiveness, controlled tests were conducted with operators, which demonstrated a decrease in completion times and improved information accessibility. This identified opportunities to optimize the user experience and encourage greater adoption of the system. The results obtained validate the application's viability as a tool to improve operational efficiency and maintenance management within the company.

* Monograph

**Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Specialization in Maintenance Management. Director: Edison David Roberto Ortiz. Specialist in Quality Management and Direction

Introducción

En la actualidad, la gestión del mantenimiento en maquinaria, vehículos y equipos del sector de la ingeniería orientado a la construcción de infraestructura vial es un factor clave para garantizar la productividad, la eficiencia operativa y fortalecer la seguridad operacional. Un adecuado mantenimiento no solo permite reducir fallos imprevistos y optimizar tiempos de operación, sino que también contribuye a la reducción de costos asociados a reparaciones no programadas y tiempos de inactividad. Así mismo, una gestión eficiente del mantenimiento mejora la vida útil de los equipos, minimiza riesgos laborales y asegura el cumplimiento de normativas de seguridad y calidad exigidas en el sector (Cuatrecasas Arbós, 2011). Dado que la construcción de infraestructura vial requiere equipos de alto rendimiento y disponibilidad constante, es primordial implementar óptimas estrategias de mantenimiento con el fin de establecer un pilar fundamental para la sostenibilidad y competitividad de las empresas en este ámbito (Roda et al., 2015).

Para optimizar la gestión del mantenimiento en el sector de la construcción de infraestructura vial, el desarrollo y evolución de la tecnología ha permitido brindar soluciones innovadoras que mejoran la eficiencia, la precisión y la capacidad de respuesta ante fallas. Entre estas soluciones se encuentran los sistemas de gestión de mantenimiento asistido por computadora (CMMS) que permiten programar, monitorear y optimizar actividades de mantenimiento de manera centralizada, del mismo modo, el uso de sensores IoT para la recopilación en tiempo real de datos operativos que facilitan la implementación estrategias de mantenimiento basado en condición (CBM) (Flores & Cossio, 2021); además, el análisis de datos mediante inteligencia artificial para la detección temprana de fallas y la optimización del mantenimiento predictivo (Pampliega, 2019); y la realidad aumentada para asistir a los técnicos

en la inspección y reparación de equipos. Dentro de estas innovaciones, el uso de aplicaciones móviles ha cobrado gran relevancia, ya que permite una gestión más ágil y accesible de la información, facilitando la digitalización de procesos clave como el diligenciamiento preoperacional, la notificación de fallas y el seguimiento de intervenciones, mejorando así la toma de decisiones y la eficiencia operativa (Zhao & Feng, 2015).

A pesar de los avances tecnológicos en el mantenimiento de maquinaria para la construcción civil, muchas empresas aún enfrentan desafíos importantes en la gestión y utilización efectiva de la información sobre el estado de sus activos. En el caso de Pavimentos Colombia SAS, el procedimiento de revisión previo al funcionamiento de maquinaria, vehículos y equipos se ve limitado por diversas restricciones que pueden comprometer la precisión y disponibilidad de los datos necesarios para la toma de decisiones. Actualmente, este proceso se realiza de manera manual, lo que aumenta el riesgo de errores en el registro, así como la posibilidad de pérdida de datos y retrasos en la gestión del mantenimiento. Con la intención de abordar esta problemática, surge la idea del desarrollo de una aplicación móvil como alternativa para digitalizar y agilizar estos procesos. De este modo no solo se mejorará el seguimiento de la información, sino que también será posible acelerar las respuestas ante posibles fallos, asegurando, a su vez, un control más efectivo sobre el estado de los equipos.

La creación de una aplicación móvil no solo optimiza el proceso de diligenciamiento previo a las operaciones, sino que también fomenta una gestión del mantenimiento más estructurada y eficaz. Al almacenar la información en una base de datos en la nube, se facilita el acceso a datos operativos en tiempo real, lo que permite una programación y

ejecución más eficiente de los mantenimientos (Durrant-Whyte et al., 2015). Así mismo, la implementación de esta tecnología establece las bases para el desarrollo de estrategias avanzadas como el mantenimiento basado en condición (CBM) y, al mismo tiempo, mediante el concepto de mantenimiento productivo total (TPM), se refuerza la confianza y disponibilidad de los equipos. En este sentido, la creación de esta aplicación marca un avance significativo en la actualización de los procedimientos en la gestión del mantenimiento, alineándose con las tendencias tecnológicas y operativas más actuales del sector.

El desarrollo de herramientas tecnológicas aplicadas a la gestión del mantenimiento es un factor clave en la evolución de las empresas del sector de la construcción (López, 2018). En un entorno cada vez más competitivo y demandante, la adopción de soluciones digitales permite no solo mejorar la eficiencia operativa, sino también optimizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. De este modo, el presente trabajo busca aportar al crecimiento y modernización de Pavimentos Colombia SAS a través del desarrollo de un aplicativo móvil que facilite el diligenciamiento preoperacional, sentando las bases para futuras mejoras en la gestión del mantenimiento y alineando la empresa con las tendencias tecnológicas que marcan el futuro de la industria.

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Desarrollar un prototipo de aplicativo móvil eficiente y eficaz, que facilite y sistematice el proceso de diligenciamiento preoperacional de maquinaria, vehículos y equipos en la empresa de ingeniería y de construcciones civiles Pavimentos Colombia SAS, mejorando la precisión en las inspecciones, la eficiencia del mantenimiento y la seguridad operativa.

1.2. Objetivos Específicos

- Programar una aplicación móvil mediante la plataforma de Microsoft: Power Platform, que facilite la recolección y el registro de datos preoperacionales de maquinaria, vehículos y equipos integrando funcionalidades específicas para la gestión de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Proporcionar herramientas de análisis de datos y generación de reportes que permitan a los gerentes de mantenimiento tomar decisiones informadas basadas en datos reales y actualizados, esto mediante la integración de los datos obtenidos a la plataforma Power BI.
- Evaluar la efectividad y funcionalidad del prototipo móvil desarrollado mediante una evaluación de la viabilidad técnica y funcional, utilizando pruebas de concepto y simulaciones controladas con el fin de validar su capacidad, áreas de mejora y su potencial para mejorar la gestión de mantenimiento.

2. Justificación

El proceso de diligenciamiento preoperacional de maquinaria, vehículos y equipos en empresas de ingeniería y construcciones civiles es fundamental para garantizar la seguridad operativa, la eficiencia en el mantenimiento y la prolongación de la vida útil de los activos (Faustor Grimaldo & Mantilla Marin, 2024). Sin embargo, este proceso a menudo se lleva a cabo de manera manual, lo que conlleva un riesgo considerable de errores humanos, pérdida de información y demoras en la toma de decisiones críticas para la gestión del mantenimiento.

En la empresa Pavimentos Colombia, estos desafíos se han manifestado en diversas oportunidades, afectando la productividad, aumentando los costos de operación y mantenimiento, y comprometiendo la seguridad en los sitios de trabajo. Ante esta situación, surge la necesidad de implementar una solución tecnológica que permita sistematizar, optimizar y agilizar el proceso de inspección preoperacional, reduciendo los riesgos asociados a la manualidad y mejorando la precisión en la recolección y análisis de datos.

Si bien existen aplicaciones especializadas para el diligenciamiento preoperacional de maquinaria en la industria de la construcción, como Equipment360 Mobile Mechanic de HCSS o My Maintenance de John Deere, en Colombia su adopción es limitada. Muchas empresas del sector no implementan estas soluciones debido a factores como los costos asociados, la falta de integración con sus sistemas de gestión existentes o la preferencia por métodos tradicionales basados en papel. Esto genera una brecha tecnológica que dificulta la digitalización y optimización de los procesos de mantenimiento.

El desarrollo de un prototipo de aplicativo móvil, específico para el diligenciamiento

preoperacional, responde a esta necesidad al ofrecer una herramienta eficiente y eficaz, que no solo facilita el registro y acceso a la información en tiempo real, sino que también permite un monitoreo más riguroso del estado técnico de la maquinaria y los vehículos. Esta solución contribuirá significativamente a una planificación proactiva del mantenimiento, reduciendo los tiempos de inactividad no programados y optimizando el uso de los recursos de la empresa. Del mismo modo, el uso de una aplicación móvil permite una mayor accesibilidad y flexibilidad, ya que los operadores pueden realizar las inspecciones desde cualquier lugar del sitio de trabajo, sincronizando los datos de manera inmediata con la base de datos central. Esto se traduce en una toma de decisiones más rápida y basada en información precisa, lo que es crucial para mantener altos estándares de seguridad y eficiencia operativa.

3. Marco Teórico

El presente marco teórico tiene como finalidad sustentar conceptualmente el desarrollo del prototipo de aplicativo móvil para el diligenciamiento preoperacional de maquinaria, vehículos y equipos en Pavimentos Colombia SAS. Para ello, se abordan los fundamentos clave relacionados con la gestión del mantenimiento, las estrategias aplicadas en el sector y el impacto de la transformación digital en la optimización de estos procesos.

Inicialmente, se presentan los conceptos esenciales del mantenimiento, incluyendo sus tipos, objetivos y relevancia dentro de la gestión de activos. Posteriormente, se analizan las tecnologías emergentes que han permitido mejorar la eficiencia y precisión de los procedimientos de mantenimiento, destacando el uso de herramientas digitales como los sistemas de gestión de mantenimiento asistido por tecnología (CMMS) y las aplicaciones móviles. Finalmente, se contextualiza la importancia de la digitalización en la industria de la construcción y su relación con la optimización de los procesos de inspección y control preoperacional.

Así mismo, el marco teórico cobra relevancia desde la perspectiva gerencial, ya que la implementación de tecnologías como las aplicaciones móviles no solo optimiza procesos operativos, sino que también influye en la toma de decisiones estratégicas. Un sistema eficiente de diligenciamiento preoperacional permite recopilar datos en tiempo real, facilitando el análisis de información clave para la gestión del mantenimiento y la planificación de recursos. De este modo, la gerencia puede anticiparse a posibles fallas, reducir costos y mejorar la disponibilidad de los equipos, alineando el uso de la tecnología con los objetivos organizacionales.

3.1. Conceptos fundamentales del mantenimiento

El mantenimiento es una función esencial en la gestión de activos dentro de cualquier industria, especialmente en el sector de la construcción de infraestructura de transporte, donde el correcto funcionamiento de la maquinaria, los vehículos y los equipos es determinante para la productividad y la seguridad operativa. Según la Norma UNE-EN 13306:2018, el mantenimiento se define como el "conjunto de acciones técnicas, administrativas y de gestión durante el ciclo de vida de un activo, destinadas a conservarlo en un estado en el que pueda cumplir con la función requerida o restaurarlo a dicho estado en caso de fallo" (Comité Técnico CTN 151 Mantenimiento, 2018).

El mantenimiento tiene como objetivo principal garantizar la disponibilidad, confiabilidad y seguridad de los equipos, minimizando fallos inesperados y optimizando su vida útil. Una adecuada gestión del mantenimiento no solo reduce costos operativos y tiempos de inactividad, sino que también contribuye a la sostenibilidad de los proyectos al asegurar un uso eficiente de los recursos.

3.1.1. Tipos de mantenimiento

A lo largo del tiempo, el mantenimiento ha evolucionado y se ha clasificado en diferentes enfoques, cada uno con características y aplicaciones específicas. A continuación, se describen los tipos más relevantes:

- **Mantenimiento correctivo:** Consiste en la reparación o restauración de un equipo después de que ha ocurrido una falla. Es el enfoque más reactivo y, aunque puede ser necesario en algunos casos, su uso exclusivo puede generar altos costos por paradas imprevistas y afectaciones en la producción (Prando, 1996).

- **Mantenimiento preventivo:** Se basa en la programación de actividades periódicas de inspección, ajuste, limpieza y sustitución de piezas con el fin de reducir la probabilidad de fallos. Este tipo de mantenimiento es ampliamente utilizado en la industria, ya que permite planificar intervenciones y optimizar la disponibilidad de los equipos (Navarro, Luis. Pastor, Ana Clara. Mugaburu, 1997).
- **Mantenimiento predictivo:** Utiliza técnicas avanzadas de monitoreo y análisis de datos para identificar posibles fallos antes de que ocurran. Se apoya en tecnologías como el análisis de vibraciones, termografía, ultrasonido y lubricación predictiva, permitiendo una mejor planificación y reducción de costos asociados a mantenimientos innecesarios (Rodríguez Pérez et al., 2013).
- **Mantenimiento basado en condición (CBM – Condition Based Maintenance):** Es una estrategia en la que las intervenciones se realizan con base en el estado real del equipo, determinado a partir de datos recopilados en tiempo real mediante sensores y herramientas de diagnóstico. Este enfoque optimiza la utilización de los activos y mejora la toma de decisiones en mantenimiento (Sharma et al., 2022).
- **Mantenimiento productivo total (TPM – Total Productive Maintenance):** Es una filosofía de mantenimiento que busca la participación activa de todos los niveles de la organización, promoviendo el mantenimiento autónomo por parte de los operadores de los equipos. TPM se fundamenta en la mejora continua y la eliminación de pérdidas, con el objetivo de alcanzar una producción sin fallos, defectos ni accidentes (Seiichi Nakajima, 1988).

3.2. Tecnologías aplicadas a la gestión del mantenimiento

La evolución tecnológica ha transformado significativamente la gestión del mantenimiento, permitiendo el desarrollo de herramientas y sistemas que optimizan los procesos, reducen costos y mejoran la confiabilidad de los equipos. La digitalización ha facilitado la transición de métodos tradicionales hacia enfoques más dinámicos y eficientes, en los cuales la recopilación, el análisis y el uso de datos en tiempo real juegan un papel fundamental (Quiroga Parra, 2008).

Heinz P. Bloch, en su libro *Improving Machinery Reliability*, destaca la crucial importancia de la información en el mantenimiento, afirmando que *"el mantenimiento es 90% información y 10% ingeniería"* (Bloch, 1998). Esta reflexión marca que, aunque los aspectos técnicos y de ingeniería son fundamentales, el acceso y manejo adecuado de la información son igualmente determinantes para el éxito del mantenimiento. La correcta gestión de datos permite identificar posibles fallos antes de que ocurran, optimizando las intervenciones y mejorando la fiabilidad de los equipos.

Actualmente, existen diversas tecnologías aplicadas a la gestión del mantenimiento que permiten mejorar la planificación, ejecución y seguimiento de las actividades de inspección y reparación. Entre ellas se destacan los Sistemas de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora (CMMS), el Internet de las Cosas (IoT), el Big Data e Inteligencia Artificial, y el uso de aplicaciones móviles, cada una con un impacto positivo en la optimización de los procesos de mantenimiento.

3.2.1. Sistemas de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora (CMMS)

Los CMMS son plataformas diseñadas para gestionar y optimizar el mantenimiento de

equipos e infraestructuras mediante el almacenamiento y análisis de información clave. Estos sistemas permiten programar tareas de mantenimiento, registrar el historial de intervenciones, gestionar inventarios de repuestos y generar reportes de desempeño (López Jumbo & Guamán Paucar, 2015).

La implementación de un CMMS ofrece múltiples beneficios, entre ellos:

- Mejora en la planificación y ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos.
- Mayor trazabilidad y control sobre las actividades realizadas.
- Optimización en la gestión de costos y recursos.

3.2.2. Internet de las Cosas (IoT) aplicado al mantenimiento

El Internet de las Cosas (IoT) ha revolucionado la gestión del mantenimiento al permitir la interconexión de dispositivos y sensores en tiempo real. A través del uso de sensores inteligentes, es posible monitorear variables críticas de los equipos, como temperatura, vibración, presión y nivel de lubricación, facilitando la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo y basado en condición (CBM) (Islas Ortega, 2020).

El IoT en el mantenimiento proporciona ventajas como:

- Identificación temprana de fallos mediante el análisis de datos en tiempo real.
- Optimización del uso de recursos mediante mantenimientos más precisos.
- Integración con sistemas CMMS para una gestión más eficiente.

3.2.3. Big Data e Inteligencia Artificial en mantenimiento

El uso de Big Data en mantenimiento permite el análisis de grandes volúmenes de datos generados por sensores, registros históricos y otros sistemas de monitoreo. A través de técnicas de inteligencia artificial y aprendizaje automático, es posible predecir fallas, optimizar la programación del mantenimiento y reducir tiempos de inactividad (Lee et al., 2014).

Las aplicaciones de Big Data e IA en mantenimiento incluyen:

- Análisis predictivo basado en patrones de falla históricos.
- Diagnóstico automatizado para identificar problemas antes de que ocurran.
- Optimización de la vida útil de los equipos mediante recomendaciones basadas en datos.

3.2.4. Aplicaciones móviles para la gestión del mantenimiento

El uso de aplicaciones móviles ha tomado relevancia en la gestión del mantenimiento debido a su facilidad de acceso y actualización en tiempo real. Estas herramientas permiten a los operarios y técnicos registrar inspecciones, reportar fallos, gestionar órdenes de trabajo y acceder a información relevante desde cualquier ubicación (Gustafson, 2023).

Entre los principales beneficios de las aplicaciones móviles en mantenimiento se encuentran:

- Reducción del uso de documentos en papel y mejora en la sistematización de datos.
- Acceso inmediato a información técnica, manuales y procedimientos.
- Mayor eficiencia en la comunicación entre los equipos de mantenimiento y operaciones.
- Integración con sistemas CMMS para una gestión centralizada.

3.3. Importancia del diligenciamiento preoperacional en la gestión del mantenimiento

La realización del diligenciamiento preoperacional es una actividad esencial en la gestión del mantenimiento, ya que facilita la verificación del estado de los equipos, maquinaria y vehículos antes de su uso. Su objetivo es identificar condiciones que pudieran poner en riesgo la seguridad, la eficiencia y la fiabilidad de los activos, evitando así fallas que podrían resultar en accidentes, retrasos en la producción y elevados costes de reparación (Woods, 2023).

Esto es especialmente relevante en sectores como la construcción de infraestructura vial, donde la maquinaria pesada desempeña un papel crucial en el desarrollo de los proyectos. Una adecuada inspección preoperacional permite detectar desgastes prematuros, fugas de fluidos, fallas en los sistemas de seguridad y otros factores que podrían comprometer la operatividad de los equipos.

3.3.1. Definición y alcance del diligenciamiento preoperacional

El diligenciamiento preoperacional consiste en la ejecución de una serie de inspecciones y chequeos antes del inicio de una jornada laboral o de un ciclo operativo. Estas verificaciones pueden incluir aspectos mecánicos, eléctricos, hidráulicos y de seguridad del equipo o vehículo en cuestión.

Entre los aspectos comúnmente revisados en una inspección preoperacional se encuentran:

- Niveles de fluidos (aceite, refrigerante, combustible, entre otros).
- Presión y estado de neumáticos.
- Luces y sistemas eléctricos.
- Estado de frenos y sistema de dirección.

- Fugas de fluidos o presencia de elementos sueltos.
- Equipos de seguridad y protección personal.

El proceso de inspección es documentado mediante formatos físicos o digitales, los cuales permiten a los operadores y supervisores registrar anomalías y tomar decisiones oportunas.

3.3.2. Beneficios del diligenciamiento preoperacional en la gestión del mantenimiento

Implementar un diligenciamiento preoperacional riguroso trae consigo múltiples beneficios para la gestión del mantenimiento y la operación de los equipos, entre los cuales se destacan:

- **Mayor seguridad operacional:** Al identificar fallos potenciales antes del inicio de las operaciones, se reduce el riesgo de accidentes y averías en el lugar de trabajo.
- **Reducción de costos de mantenimiento:** Detectar problemas en una etapa temprana evita fallas mayores y disminuye la necesidad de reparaciones costosas.
- **Optimización de la disponibilidad de equipos:** La identificación y corrección rápida de fallas menores evita paradas inesperadas y mejora la productividad.
- **Mejor planificación del mantenimiento preventivo:** La información recopilada permite una gestión más eficiente de las tareas de mantenimiento programadas.
- **Cumplimiento normativo y regulaciones:** En muchos sectores, la inspección preoperacional es un requisito legal para garantizar el correcto uso de equipos industriales y de transporte.

3.3.3. Limitaciones de los métodos tradicionales de diligenciamiento preoperacional

A pesar de su importancia, el diligenciamiento preoperacional en muchas empresas sigue realizándose de manera manual mediante formularios en papel o registros físicos, lo que genera diversas limitaciones, entre ellas:

- **Errores en la recopilación de datos:** La información puede ser inexacta o incompleta debido a la falta de estandarización o descuidos en el diligenciamiento.
- **Dificultad en la trazabilidad:** El almacenamiento físico de documentos dificulta la consulta y análisis de la información a lo largo del tiempo.
- **Tiempo y esfuerzo administrativo:** La transcripción y revisión de registros manuales consume tiempo y puede retrasar la toma de decisiones.
- **Pérdida de información:** Los registros en papel pueden extraviarse o deteriorarse con el tiempo, afectando la confiabilidad del proceso.

Estas limitaciones evidencian la necesidad de adoptar soluciones tecnológicas que optimicen el proceso de diligenciamiento preoperacional y mejoren la gestión del mantenimiento.

3.3.4. Digitalización del diligenciamiento preoperacional y su impacto en la gestión del mantenimiento

El uso de aplicaciones móviles para el diligenciamiento preoperacional representa una solución innovadora que permite eliminar muchas de las limitaciones de los métodos tradicionales. La digitalización de este proceso ofrece beneficios significativos, tales como:

- **Automatización y reducción de errores:** Los formularios digitales pueden incluir listas de verificación predefinidas y opciones de selección rápida, minimizando errores en el registro de datos.
- **Acceso en tiempo real a la información:** Los reportes de inspección pueden ser visualizados instantáneamente por supervisores y equipos de mantenimiento, permitiendo una respuesta más ágil.
- **Almacenamiento y trazabilidad mejorada:** Los registros digitales se almacenan en bases de datos seguras, facilitando el análisis histórico y la planificación de mantenimientos.
- **Integración con sistemas de gestión:** Las aplicaciones móviles pueden conectarse con software CMMS u otras plataformas empresariales, mejorando la coordinación entre los departamentos de mantenimiento y operaciones.

3.4. Power Platform – Microsoft

Microsoft Power Platform es un conjunto de herramientas diseñadas para el desarrollo de soluciones empresariales que permiten la automatización de procesos, el análisis de datos y la creación de aplicaciones personalizadas sin necesidad de programación avanzada. Su enfoque low-code/no-code facilita la implementación de soluciones tecnológicas en organizaciones que buscan optimizar sus procesos internos sin depender de equipos de desarrollo especializados (Microsoft, 2024).

Power Platform está compuesta por 3 herramientas principales:

- **Power Apps:** Permite la creación de aplicaciones móviles y web de manera intuitiva mediante una interfaz gráfica basada en componentes. Se enfoca en mejorar la productividad y digitalizar procesos sin requerir conocimientos profundos en programación.
- **Power Automate:** Facilita la automatización de flujos de trabajo mediante la integración con diversas aplicaciones y servicios, permitiendo la reducción de tareas manuales y la optimización del tiempo.
- **Power BI:** Herramienta de análisis y visualización de datos que permite transformar información en reportes interactivos para la toma de decisiones basada en métricas en tiempo real.

Microsoft ha incorporado capacidades avanzadas de Inteligencia Artificial (IA) dentro de Power Platform con el propósito de mejorar la automatización de procesos, optimizar el análisis de datos y enriquecer la experiencia del usuario en el desarrollo de aplicaciones empresariales. Estas herramientas permiten a las empresas adoptar soluciones tecnológicas más inteligentes sin la necesidad de conocimientos avanzados en programación o desarrollo de modelos de IA desde cero.

4. Desarrollo del aplicativo móvil en Power Platform

El desarrollo del aplicativo móvil para la recolección y el registro de datos preoperacionales en maquinaria, vehículos y equipos en Pavimentos Colombia SAS se fundamenta inicialmente en la identificación de necesidades específicas dentro de la empresa. Para ello, se llevó a cabo un proceso de recolección y análisis de información desde el área administrativa y de mantenimiento, con el fin de establecer los requerimientos clave que la herramienta debe cumplir.

Este análisis permitió identificar dificultades en la captura, almacenamiento y gestión de los datos preoperacionales, evidenciando problemas como inconsistencias en los registros físicos, pérdida de información y dificultades en la trazabilidad de fallas. A partir de esta información, se diseñó un aplicativo que responde a estas necesidades, integrando funcionalidades que optimizan la gestión de mantenimiento y mejoran la eficiencia operativa.

Desde la perspectiva de la gerencia de mantenimiento, la implementación de soluciones tecnológicas como este aplicativo, es clave para la optimización del uso de los activos, la reducción de tiempos improductivos y el aseguramiento de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. La digitalización del proceso de inspección preoperacional permite no solo mejorar la precisión en la recopilación de datos, sino también alimentar estrategias de mantenimiento que minimicen fallos y optimicen los costos operativos.

La herramienta que se desarrolló, integra funcionalidades específicas para la gestión del mantenimiento preventivo y correctivo, las cuales se alinean con los principios de una gestión eficiente de activos y con vista a una futura implementación oficial dentro de la organización,

entre ellas se destacan:

- Registro digital de inspecciones preoperacionales, eliminando el uso de formatos físicos.
- Automatización de reportes de fallas y anomalías, permitiendo su gestión en tiempo real.
- Almacenamiento seguro de datos en la nube, garantizando accesibilidad y trazabilidad.
- Generación de reportes dinámicos mediante Power BI, facilitando la toma de decisiones estratégicas.

Además, aunque la empresa actualmente se enfoca en mantenimiento preventivo y correctivo, el aplicativo ofrecerá un potencial futuro para la integración de enfoques más avanzados como mantenimiento basado en condición (CBM) y la integración de una filosofía de mantenimiento productivo total (TPM), fortaleciendo así la cultura de mejora continua dentro de la organización.

4.1. Análisis DOFA – requerimientos iniciales para el desarrollo del aplicativo móvil

Para comprender mejor los desafíos y oportunidades que surgen desde los requerimientos iniciales del proyecto, se ha elaborado un análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas). Este análisis permite identificar los aspectos clave que pueden impactar el diseño, desarrollo e implementación del aplicativo, asegurando que se adopten estrategias adecuadas para su correcta ejecución.

En este contexto, se presentan las principales fortalezas que respaldan el desarrollo del aplicativo, las oportunidades que pueden potenciar su impacto en la empresa, así como las debilidades y amenazas que podrían afectar su éxito si no se gestionan adecuadamente.

A continuación, se detalla el análisis DOFA aplicado a los requerimientos iniciales del proyecto.

Figura 1

Análisis DOFA de la implementación de la aplicación para el diligenciamiento preoperacional.



El análisis DOFA muestra que, aunque existen desafíos en la implementación del aplicativo, sus oportunidades y fortalezas pueden ser aprovechadas para optimizar la gestión de mantenimiento en Pavimentos Colombia SAS. La clave estará en una adecuada capacitación del personal, garantizar la compatibilidad con sistemas existentes y asegurar la estabilidad del aplicativo para maximizar su impacto.

Para mitigar las debilidades y amenazas identificadas en el análisis DOFA, el aplicativo

cuenta con una serie de características y funcionalidades clave que facilitan su adopción y asegura su éxito dentro de la compañía.

- **Interfaz intuitiva y fácil de entender:** Se diseñó con una estructura clara y minimalista, con iconografía sencilla y navegación intuitiva, para que los usuarios puedan acceder y diligenciar los formularios sin confusión.
- **Validación y control de datos:** Se incluyeron mecanismos de validación en los campos de ingreso para evitar datos erróneos o incompletos, asegurando la calidad de la información recolectada.
- **Integración con bases de datos y otros sistemas:** El diseño contempla la compatibilidad con las plataformas de gestión de mantenimiento ya existentes en la empresa, asegurando que la información pueda ser consultada y utilizada de manera eficiente.
- **Generación de reportes y consulta de datos:** Se incluyó una estructura para que los datos ingresados puedan ser utilizados en reportes automáticos, facilitando la toma de decisiones en el mantenimiento.
- **Flujo de navegación optimizado:** Se estableció una lógica de navegación sencilla y estructurada que reduzca la cantidad de pasos necesarios para completar el diligenciamiento, mejorando la eficiencia del usuario.

4.2. Desarrollo de la interfaz en Power Apps.

Para el desarrollo de la aplicación móvil hizo uso de Power Apps, una plataforma de Microsoft que permite crear soluciones personalizadas sin necesidad de programación avanzada.

Esta herramienta fue seleccionada por su flexibilidad y capacidad de adaptación a los requerimientos específicos identificados en la empresa, facilitando la integración con los sistemas existentes y optimizando la gestión del mantenimiento.

Power Apps proporciona diversas funcionalidades que permitieron estructurar la aplicación según las necesidades detectadas. Entre sus ventajas destacan la posibilidad de diseñar una interfaz intuitiva y accesible, la integración con SharePoint como base de datos para el almacenamiento y gestión de la información, y la facilidad para administrar formularios y registros en tiempo real. Esto garantiza que los datos sean accesibles y consultables por los diferentes usuarios de la empresa, mejorando la trazabilidad y la eficiencia en la toma de decisiones.

Gracias a esta plataforma, el desarrollo del aplicativo se llevó a cabo de manera eficiente, asegurando que cada módulo responda a los requerimientos funcionales previamente definidos. De este modo, la aplicación no solo cumplirá con los objetivos planteados en términos de sistematización del diligenciamiento preoperacional, sino que también puede abrir la posibilidad de futuras mejoras e integraciones dentro del ecosistema digital de la empresa.

4.2.1. Módulos principales de la pantalla principal.

Para el desarrollo del aplicativo móvil, se diseñaron dos módulos principales que responden a las necesidades identificadas en la empresa y optimizan la gestión del mantenimiento desde un enfoque estratégico:

Figura 2

Pantalla de inicio de sesión y pantalla principal del aplicativo desarrollado.



- **Modulo 1 - "Información del Equipo"**

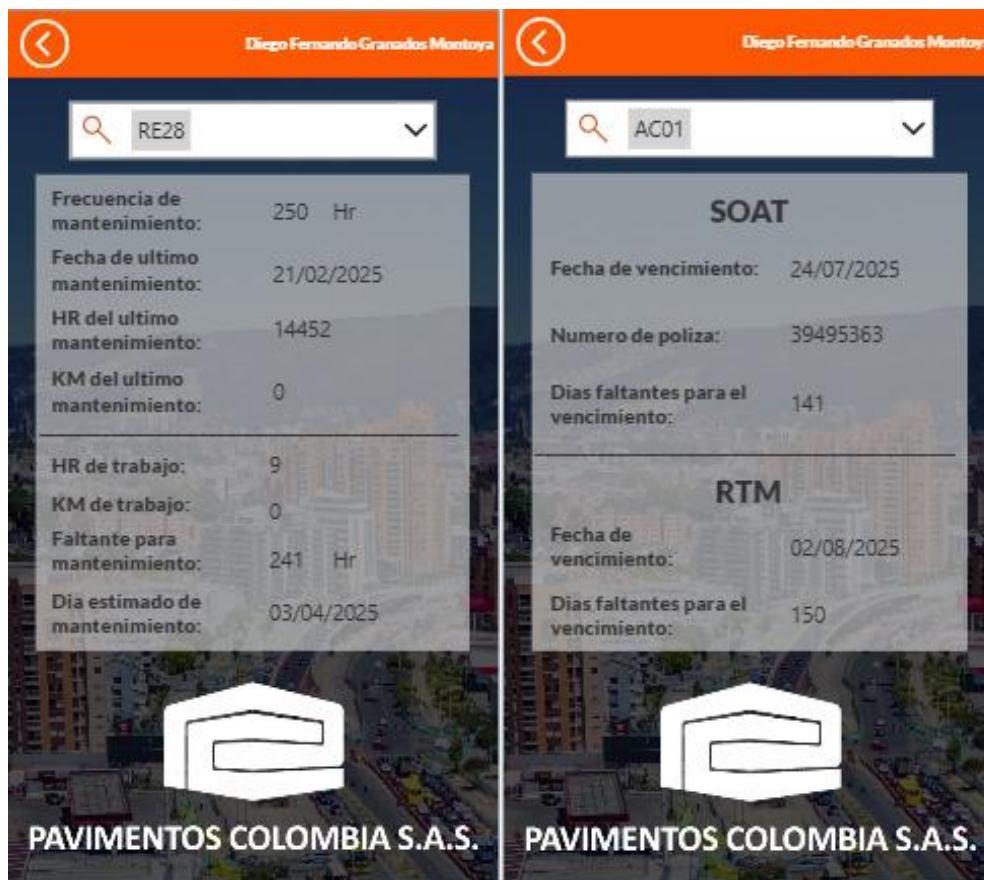
El módulo de información del equipo en el aplicativo móvil ha sido desarrollado para proporcionar a los operadores y conductores una herramienta práctica y funcional que les permita gestionar de manera eficiente sus equipos. A través de estas funcionalidades, los usuarios pueden consultar información actualizada sobre el mantenimiento de la maquinaria y los vehículos que tienen asignados, lo que les facilita la realización de verificaciones periódicas y el reporte oportuno de cualquier anomalía que pueda afectar su operatividad.

Desde la perspectiva del mantenimiento autónomo del TPM, este módulo desempeña un

papel fundamental dentro de la estrategia de mantenimiento de la empresa, ya que promueven la participación activa de los operadores en la conservación de los equipos. Al contar con acceso directo a datos clave, como fechas programadas de mantenimiento preventivo y registros de inspección, los operarios pueden identificar posibles fallos en una etapa temprana y contribuir significativamente a la optimización del mantenimiento dentro de la organización.

Figura 3

Modulo de información del equipo. Visualización de datos de mantenimiento, SOAT y RTM



- **Modulo 2 - "Preoperacional a diligenciar"**

Este módulo está diseñado para garantizar que cada máquina o vehículo se encuentre en condiciones óptimas antes de su uso, permitiendo a los operadores registrar su estado antes y

después de cada jornada mediante un formulario digital estructurado. La lista de verificación incluye los principales componentes y sistemas críticos, como frenos, luces, neumáticos y fluidos, asegurando una inspección completa y detallada. Además, se ha configurado una opción que permite a los operadores reportar novedades mediante fotografías, lo que facilita una documentación más precisa y una comunicación efectiva con el área de mantenimiento en tiempo real, lo anterior con el objetivo de agilizar las intervenciones y reducir los tiempos de respuesta. Este enfoque fortalece la estrategia de mantenimiento preventivo, ya que posibilita la identificación temprana de fallas antes de que generen problemas mayores, alineándose con los principios del mantenimiento planificado dentro del TPM.

Figura 4

Formulario de inspección preoperacional digital diseñado en el aplicativo móvil.

The image displays two side-by-side screenshots of a mobile application interface for a pre-operational inspection form. Both screens feature an orange header with a back arrow, a logo for 'MANTENIMIENTOS COLOMBIA S.A.S.', and a forward arrow.

Left Screenshot (Input Fields):

- * Equipo:** A dropdown menu with 'VP51' selected.
- * Obra:** A dropdown menu with 'IDU 0351 GRUPO7' selected.
- * Fecha:** A date input field showing '04/03/2025' with a calendar icon.
- * Horometro Inicial:** A text input field with '2587'.
- * Kilometraje Inicial:** A text input field with '352614'.
- * Calibre y revise el estado general de las llantas y sus pernos:** A dropdown menu with 'PUEDE OPERAR' selected.
- * Chequee el ajuste y buen estado de la suspensión en general:** A dropdown menu with 'INFORMAR ANTES DE OPERAR' selected.

Right Screenshot (Checklist and Observations):

- Compresor de aire:** A dropdown menu with 'PUEDE OPERAR' selected.
- * Verifique la operación de la dirección, corrija de inmediato el juego anorma:** A dropdown menu with 'PUEDE OPERAR' selected.
- * Compruebe el color de los humos de escape y detecte ruidos anormales:** A dropdown menu with 'PUEDE OPERAR' selected.
- Observaciones:** A text area containing the instruction: 'Favor registrar todas las anomalías que pueda detectar en el equipo para la pronta programación de revisión y/o reparación.'
- Reportes fotográficos:** A section with a large orange button that reads 'Pulsar o hacer clic para agregar una imagen'.

4.3. Almacenamiento de datos en Sharepoint.

Para el almacenamiento y gestión de los registros preoperacionales, se utilizó SharePoint como base de datos, aprovechando su integración con la plataforma Power Platform. Esta herramienta proporciona un entorno seguro y centralizado para la recopilación y consulta de información, lo que garantiza que todos los datos ingresados en la aplicación móvil estén organizados y sean accesibles en tiempo real.

Entre las principales ventajas de SharePoint se destaca su capacidad de almacenamiento estructurado, permitiendo gestionar grandes volúmenes de datos de manera organizada y eficiente, esto, sin comprometer el rendimiento del sistema. Esta característica es especialmente útil en entornos donde se requiere un acceso constante y seguro a la información. Además, al ser una solución basada en la nube, SharePoint facilita el acceso remoto a los datos desde cualquier dispositivo con permisos autorizados, lo que asegura la continuidad operativa incluso fuera de las instalaciones físicas de la empresa. Esta accesibilidad, combinada con sus opciones de control de versiones, automatización de flujos de trabajo y colaboración en tiempo real, convierte a SharePoint en una herramienta estratégica para centralizar la información, mejorar la comunicación entre equipos y respaldar procesos críticos de manera segura y confiable.

Otro beneficio clave de SharePoint es su capacidad de integración con otras herramientas del ecosistema Microsoft, en especial Power BI, una solución avanzada de análisis de datos. Gracias a esta integración, los registros preoperacionales pueden migrarse y transformarse en reportes dinámicos e interactivos, lo que permite a la empresa realizar un análisis detallado del estado de la maquinaria, identificar patrones de fallas y tomar decisiones basadas en información

en tiempo real. Esta capacidad de análisis contribuye significativamente a la planificación del mantenimiento, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo costos asociados a fallos imprevistos.

5. Análisis de datos en Power BI.

La aplicación desarrollada no solo permite la recolección de datos preoperacionales, sino que también proporciona herramientas que facilitan el procesamiento, análisis y visualización de esta información en tiempo real. Para ello, se configuró un sistema en el que los registros almacenados en SharePoint se integran con Power BI, permitiendo la creación de reportes dinámicos y paneles de control personalizados.

Esta integración ofrece múltiples ventajas. En primer lugar, los gerentes de mantenimiento pueden acceder a información actualizada sobre el estado de la maquinaria y los vehículos en tiempo real, lo que facilita la detección de tendencias, fallas recurrentes y oportunidades de mejora en los procesos de mantenimiento. Además, la generación de reportes automatizados evita la dependencia de registros manuales y hojas de cálculo, reduciendo errores y optimizando el tiempo de análisis.

Por otro lado, el uso de Power BI permite personalizar los indicadores clave de rendimiento (KPIs), ajustándolos a las necesidades específicas de la empresa. Entre estos indicadores se pueden incluir el número de fallas reportadas, control de horas y kilómetros trabajados por equipo, porcentaje de cumplimiento de inspecciones preoperacionales, entre otros. De esta manera, la información presentada en Power BI no solo facilita la toma de decisiones informadas, sino que también contribuye a una planificación estratégica más eficiente del

mantenimiento, alineada con los objetivos de la organización.

5.1. Metodología 5S: Un enfoque para el orden y precisión en el análisis de datos

La metodología 5S es una herramienta clave para la optimización de procesos, centrada en la organización, limpieza y eficiencia en el manejo de la información. En el contexto del análisis de datos en Power BI, la aplicación de este enfoque permite estructurar, depurar y visualizar la información de manera clara y precisa, facilitando la toma de decisiones en la gestión del mantenimiento. A través de la implementación de las 5S, se busca garantizar que los datos recopilados desde la aplicación móvil sean confiables, accesibles y organizados, eliminando redundancias y mejorando la eficiencia en su procesamiento. Esto no solo optimiza el análisis, sino que también fortalece la estandarización y mejora continua en la administración de los registros de mantenimiento.

Tabla 1

Evaluación 5S aplicada al entorno de integración con Power BI

5S	Descripción basada en la implementación en Power BI
Seiri (Clasificación):	<ul style="list-style-type: none"> • Se filtran y organizan los datos recopilados en SharePoint para evitar información redundante o innecesaria. • Se priorizan los datos más relevantes para la gestión de mantenimiento, como horómetros, kilometrajes, fallas reportadas y disponibilidad de equipos.
Seiton (Orden):	

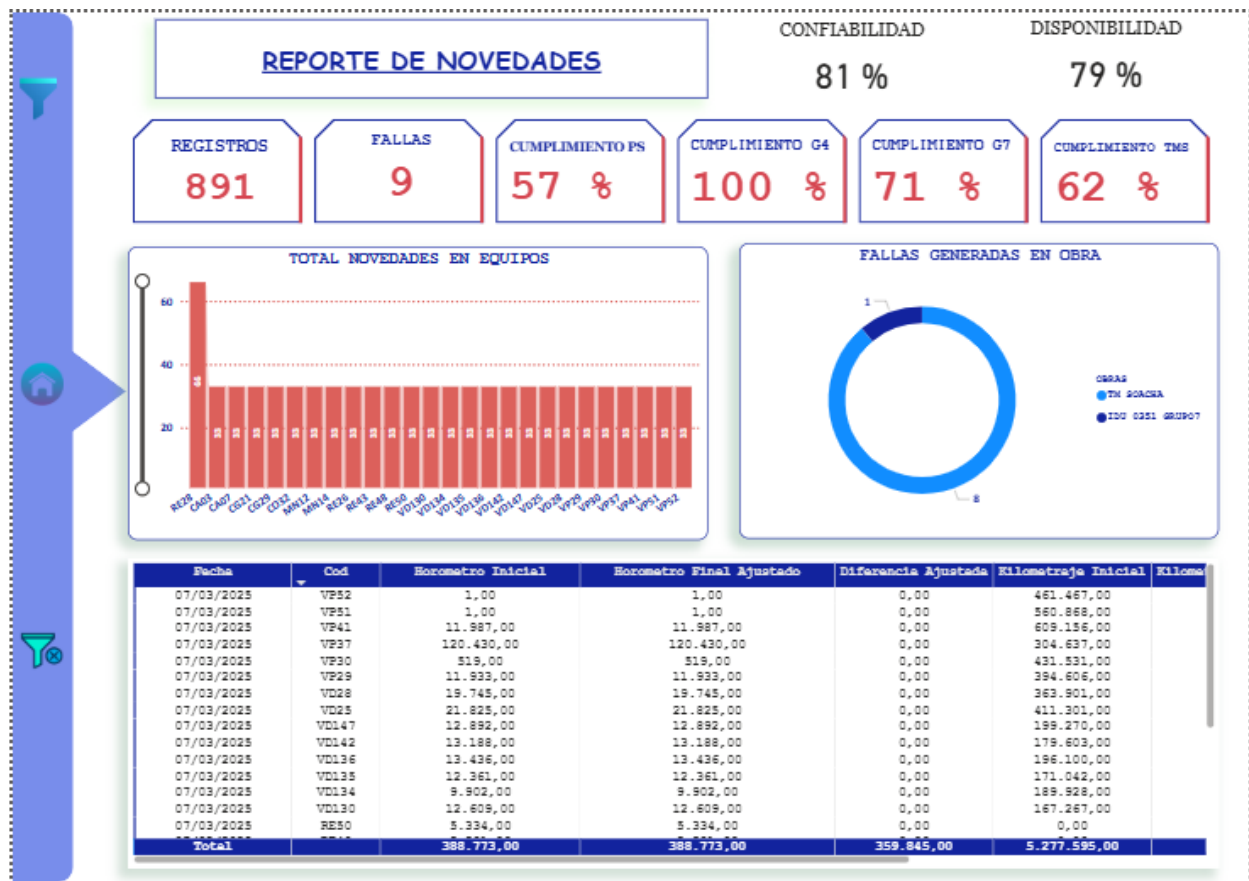
	<ul style="list-style-type: none"> • Se diseña un dashboard en Power BI con indicadores organizados de manera visual y accesible. • Se estructuran los datos en categorías como fallas por equipo, por obra, horas trabajadas y disponibilidad, lo que facilita la interpretación y análisis.
<p>Seiso (Limpieza):</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se eliminan datos erróneos, inconsistencias y registros incompletos, asegurando que la información analizada sea precisa y confiable. • Se automatiza la limpieza de datos en Power BI, evitando errores humanos en la consolidación de información.
<p>Seiketsu (Estandarización):</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se establecen criterios uniformes para la recolección y visualización de datos, asegurando que todos los usuarios interpreten la información de la misma manera. • Se crean reportes estandarizados con métricas clave como la disponibilidad de equipos, garantizando uniformidad en la gestión del mantenimiento.
<p>Shitsuke (Disciplina):</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se promueve una cultura organizacional basada en toma de decisiones informadas, asegurando que los gerentes de mantenimiento utilicen el dashboard de Power BI regularmente para la programación de mantenimientos preventivos. • Se fomenta la actualización periódica de los datos, manteniendo un sistema de análisis dinámico y confiable.

La implementación de la metodología 5S en conjunto con Power BI no solo mejora la organización y presentación de los datos, sino que también contribuye a establecer una cultura de mantenimiento más ordenada, estandarizada y eficiente. Esta integración permite transformar grandes volúmenes de información técnica en paneles visuales claros, útiles y accesibles, los cuales apoyan la planeación, el monitoreo y la mejora continua del mantenimiento. Así mismo,

fomenta la disciplina en el registro y análisis de los datos operativos, lo que se traduce en una mayor confiabilidad del sistema y una base sólida para la toma de decisiones estratégicas en la gestión de activos.

Figura 5

Tablero de análisis de los datos obtenidos del registro preoperacional



6. Evaluación de efectividad y funcionalidad del aplicativo móvil

Para evaluar la efectividad y funcionalidad de la aplicación móvil desarrollada, se realizó un proceso de validación comparativa con los métodos tradicionales que la empresa emplea en el diligenciamiento preoperacional de maquinaria y vehículos. Este análisis no solo permitió medir

el rendimiento de la aplicación, sino que también ayudó a identificar sus ventajas, áreas de mejora y su impacto real como herramienta de apoyo en la gestión del mantenimiento. Durante este proceso, se utilizó un enfoque de evaluación empírica, donde la usabilidad de la aplicación fue probada con usuarios reales (Enriquez & Casas, 2014). Esto facilitó la obtención de métricas objetivas y retroalimentación directa sobre su desempeño en condiciones operativas reales. La validación incluyó una comparación exhaustiva entre los tiempos de diligenciamiento en formato físico y digital, así como la percepción de los operadores respecto a la facilidad de uso, la eficiencia y la confiabilidad de la aplicación.

El proceso de prueba se realizó en un entorno real de operación, iniciando con un grupo piloto de cuatro operadores en uno de los frentes de trabajo de la empresa. El objetivo inicial fue analizar su interacción con la plataforma y detectar posibles ajustes o mejoras en su funcionamiento. A medida que avanzaba la validación, se fueron integrando más operadores al proceso, lo que permitió un aumento progresivo en la cantidad de registros recopilados y una evaluación más precisa de la capacidad del sistema para gestionar eficientemente el almacenamiento y procesamiento de datos. Esta fase de implementación y prueba se extendió durante un período total de 231 días, finalizando con la participación activa de 44 operadores. Con esta información, se obtuvo una visión clara y objetiva sobre el impacto de la aplicación en las operaciones diarias, proporcionando datos clave para la toma de decisiones desde la gerencia de mantenimiento y asegurando que la solución tecnológica cumpliera con las necesidades y expectativas definidas desde su fase de diseño.

6.1. Metodología de evaluación

Para evaluar la efectividad del prototipo móvil en la optimización del diligenciamiento

preoperacional, se diseñó un experimento comparativo entre el método tradicional en formato físico y la aplicación desarrollada. La evaluación se llevó a cabo con un grupo de 20 operadores seleccionados aleatoriamente del total de participantes en el periodo de prueba, esto con el fin de obtener un registro detallado de datos. Cada operador realizó 10 diligenciamientos preoperacionales utilizando ambos métodos, permitiendo obtener un promedio de tiempo por operador para cada modalidad.

A continuación, se presenta la tabla con los tiempos de diligenciamiento para los 20 operadores en ambos formatos.

Tabla 2

Tiempo promedio por operador en diligenciamiento preoperacional

Operador	Tiempo Promedio (min) - Papel	Tiempo Promedio (min) - App
Op1	12,3	6,2
Op2	14,2	7,1
Op3	13,1	6,6
Op4	11,7	5,9
Op5	15,0	7,5
Op6	12,7	6,3
Op7	13,8	6,9
Op8	14,1	7,1
Op9	12,2	6,1
Op10	15,5	7,8
Op11	14,8	7,4
Op12	13,5	6,7
Op13	13,0	6,5
Op14	14,3	7,1
Op15	13,7	6,8
Op16	13,1	6,5
Op17	14,0	7,0
Op18	14,5	7,2
Op19	12,9	6,4
Op20	15,3	7,6

Las métricas de análisis utilizadas en la evaluación fueron las siguientes:

- **Tiempo promedio de diligenciamiento:** Comparación del tiempo requerido para completar el formato físico frente al aplicativo.
- **Reducción de errores en el registro:** Identificación de inconsistencias o campos omitidos en cada formato.
- **Percepción del usuario:** Encuestas para medir facilidad de uso, satisfacción y aceptación del aplicativo.
- **Impacto en la gestión de mantenimiento:** Análisis de la disponibilidad y confiabilidad de los datos para la toma de decisiones.

6.2. Análisis de resultados

Los datos obtenidos muestran una reducción significativa en el tiempo de diligenciamiento al utilizar el aplicativo móvil en comparación con el formato físico. El tiempo promedio general de diligenciamiento en papel fue de aproximadamente 13.6 minutos, mientras que con la aplicación se redujo a 6.8 minutos, representando una disminución del 50.3% en el tiempo requerido para completar el proceso.

Además del ahorro de tiempo, se identificaron otras ventajas del aplicativo:

- **Menor cantidad de errores en el diligenciamiento:** La validación automática de campos redujo inconsistencias en los registros del aplicativo móvil, esto debido a la parametrización del sistema donde no es posible enviar el formulario de inspección si existe alguna inconsistencia en los datos o si hay datos vacíos.

- **Mayor disponibilidad de datos:** La centralización de la información en SharePoint permitió un acceso inmediato a los datos sin necesidad de transcripción manual.
- **Optimización de la gestión de mantenimiento:** La integración con Power BI facilitó el análisis en tiempo real de métricas clave, como horómetros y fallas reportadas, permitiendo una mejor programación de mantenimientos preventivos.

6.3. Percepción del usuario

Para evaluar la percepción de los operadores y conductores sobre la facilidad de uso, eficiencia y confiabilidad del aplicativo móvil, se realizó un proceso de recopilación de opiniones mediante encuestas y entrevistas dirigidas a los 44 operadores que participaron en la prueba. Este ejercicio permitió obtener información valiosa y directa sobre la experiencia de los usuarios en condiciones reales de operación, brindando una visión más clara sobre el impacto funcional del prototipo en el entorno laboral diario. Las preguntas fueron diseñadas para identificar no solo el grado de satisfacción general, sino también aspectos específicos relacionados con la navegación, la utilidad de las funciones disponibles y la disposición a adoptar la herramienta de forma permanente. A continuación, se presentan las tablas con los resultados obtenidos.

Tabla 3

Escala de evaluación en encuesta de percepción.

Escala de evaluación para operadores - aplicativo móvil				
Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo
1	2	3	4	5

Tabla 4

Resultados de encuesta de percepción

Pregunta	Promedio de Calificación (1 a 5)	Porcentaje de Aprobación (≥ 4)
¿El aplicativo es fácil de usar?	4,50	90%
¿El tiempo de diligenciamiento se redujo en comparación con el formato físico?	4,74	95%
¿El aplicativo facilita el registro de fallas?	4,52	90%
¿Confía en que la información que registra en la aplicación se guarda correctamente?	3,27	65%
¿Se siente más cómodo realizando el preoperacional con la aplicación en lugar del formato físico?	4,45	89%

En términos de facilidad de uso, la mayoría de los usuarios destacaron que la interfaz del aplicativo es intuitiva y sencilla de manejar, lo que permitió una rápida adaptación sin necesidad de una capacitación extensa.

Por otra parte, se observó una reducción en la cantidad de errores cometidos durante el diligenciamiento en comparación con el formato físico, lo que evidencia una mayor claridad en el proceso. En cuanto a la eficiencia, los operadores manifestaron que el tiempo requerido para completar el registro preoperacional se redujo significativamente al utilizar la aplicación, optimizando el flujo de trabajo diario y minimizando retrasos en la salida de equipos a operación. Adicionalmente, la digitalización del proceso eliminó la necesidad de transcribir manualmente la

información, reduciendo el margen de error y mejorando la disponibilidad de los datos en tiempo real.

Finalmente, en cuanto a la confiabilidad del aplicativo, se identificó una percepción mixta entre los operadores. Si bien algunos expresaron confianza en la herramienta, destacando la facilidad de acceso a los registros y la automatización del almacenamiento, otros manifestaron ciertas dudas respecto a la seguridad y estabilidad de la información almacenada. Entre las principales observaciones, se mencionó la necesidad de garantizar una sincronización más robusta en condiciones de conectividad variable y mejorar la transparencia sobre el resguardo de los datos.

Estos hallazgos sugieren que, aunque el aplicativo cumple con los objetivos de optimización del diligenciamiento preoperacional, existen oportunidades de mejora en la comunicación sobre el funcionamiento del almacenamiento y en el fortalecimiento de la percepción de confiabilidad por parte de los usuarios.

Del mismo modo, los operadores realizaron comentarios abiertos en los que destacaron los siguientes aspectos:

- **Puntos positivos:** Interfaz intuitiva, reducción de tiempos, eliminación de errores en transcripción de datos y mejor acceso a la información.
- **Áreas de mejora:** Optimización de la velocidad de carga en zonas con baja conectividad y mayor personalización de formularios según el tipo de equipo.

Estos resultados indican que el aplicativo móvil fue bien recibido por los operadores y cumple con los objetivos planteados en cuanto a mejorar la eficiencia del proceso de

diligenciamiento preoperacional. No obstante, se identificaron oportunidades de mejora que pueden implementarse en futuras versiones para optimizar aún más su desempeño.

6.4. Resistencia al cambio y adopción tecnológica en mantenimiento

Durante la fase de pruebas, se evidenció la importancia del apoyo de los operadores en la implementación de nuevas tecnologías y recursos dentro de sus áreas de trabajo. En entornos industriales y operativos, la participación activa del personal es un factor determinante para el éxito de cualquier innovación tecnológica, ya que su adopción depende en gran medida de la percepción y el compromiso de los usuarios finales. Sin embargo, como es común en procesos de cambio tecnológico, se presentó resistencia por parte de algunos operadores. Algunos participantes no fueron constantes en el uso del aplicativo, omitiendo el diligenciamiento diario de los formatos digitales, mientras que otros manifestaron su negativa a participar en las pruebas, argumentando falta de familiaridad con la tecnología, ausencia de los medios adecuados o desacuerdo con la nueva metodología de trabajo.

La resistencia al cambio es un fenómeno ampliamente documentado en la ingeniería de mantenimiento y en la gestión organizacional. Según Kotter y Schlesinger (1979), las principales razones detrás de esta resistencia incluyen el miedo a lo desconocido, la falta de confianza en la nueva herramienta, la percepción de que el cambio implicará una mayor carga laboral o la ausencia de incentivos claros para adoptar nuevas prácticas. En el contexto de esta implementación, se observó que algunos operadores preferían continuar utilizando los formatos físicos debido a la familiaridad con el método tradicional, lo que resalta la necesidad de estrategias futuras de sensibilización y acompañamiento para facilitar la transición.

Durante la fase de pruebas, la participación fue voluntaria, priorizando a los operadores interesados en colaborar con la evaluación del aplicativo. No se implementaron estrategias de capacitación o adaptación, ya que el objetivo principal era validar la funcionalidad y desempeño de la herramienta en un entorno real con usuarios dispuestos a utilizarla. No obstante, los resultados de la prueba indicaron que, en caso de una implementación a gran escala, será fundamental establecer estrategias de formación y apoyo para garantizar la adopción efectiva del sistema. Estas estrategias podrán incluir capacitaciones, sesiones de inducción y retroalimentación continua, asegurando así que la aplicación se integre de manera eficiente en los procesos operativos de la empresa.

7. Conclusiones y recomendaciones

La programación e implementación de la aplicación móvil mediante Microsoft Power Platform ha permitido optimizar la recolección y registro de datos preoperacionales de maquinaria, vehículos y equipos en Pavimentos Colombia SAS. La automatización de este proceso ha reducido los tiempos de diligenciamiento y minimizado los errores en la captura de información, mejorando la precisión y eficiencia en la gestión de mantenimiento. La integración de funcionalidades específicas para la gestión del mantenimiento preventivo y correctivo dentro de la aplicación ha fortalecido el control sobre el estado de los equipos. Al digitalizar el diligenciamiento preoperacional, se ha logrado una mayor trazabilidad de la información, facilitando la identificación de fallas y promoviendo una respuesta oportuna ante necesidades de mantenimiento, representando un avance significativo en la modernización de los procesos de mantenimiento dentro de la organización.

Además del impacto en la eficiencia operativa, la eliminación del formato físico ha generado beneficios ambientales al reducir el consumo de papel, lo que disminuye la demanda de recursos naturales y la generación de residuos. Esta transición a un sistema digital no solo mejora la gestión documental, sino que también contribuye a una estrategia de sostenibilidad alineada con las mejores prácticas ambientales.

La evaluación del prototipo móvil evidencia mejoras significativas en la eficiencia y precisión del proceso de diligenciamiento preoperacional. La reducción en el tiempo de registro, junto con la disminución de errores y el acceso inmediato a la información, demuestra el impacto positivo de la aplicación en la gestión de mantenimiento. Gracias a la centralización de datos en SharePoint y su integración con Power BI, ahora es posible analizar información en tiempo real,

facilitando la toma de decisiones sobre mantenimientos preventivos y correctivos. Además, los operadores han encontrado la herramienta más intuitiva y práctica en comparación con el formato físico, lo que favorece su adopción. A pesar de estos avances, es recomendable seguir perfeccionando la aplicación con base en la retroalimentación de los usuarios, asegurando que continúe optimizando la operación y contribuyendo al mantenimiento eficiente de los equipos.

Cada una de estas estrategias de mantenimiento aporta beneficios específicos y puede ser aplicada de acuerdo con las necesidades operativas de la empresa. En el caso de Pavimentos Colombia SAS, actualmente se emplean enfoques preventivos y correctivos; sin embargo, con el avance de la digitalización y la implementación del aplicativo móvil, se abre la posibilidad de integrar metodologías más avanzadas como CBM y TPM, optimizando así la gestión del mantenimiento y la operatividad de los equipos en obra. Asimismo, en el futuro, la aplicación podría evolucionar con la incorporación de tecnologías emergentes como IoT e inteligencia artificial, permitiendo un monitoreo aún más preciso del estado de los equipos y una transición hacia modelos de mantenimiento predictivo y autónomo.

Para la implementación definitiva de la aplicación móvil en Pavimentos Colombia SAS, es fundamental considerar varios factores clave que garanticen su adopción eficiente y alineación con los procesos internos de la empresa.

Uno de los aspectos principales es la revisión del sistema de gestión interno para evaluar cómo se puede eliminar formalmente el formato físico del diligenciamiento preoperacional y reemplazarlo con la aplicación digital. Esto implica un análisis detallado de los procedimientos actuales y la validación de la nueva metodología dentro del sistema de la empresa, con el fin de consolidar la integración de la aplicación con el gestión interna, asegurando que los datos

recolectados sean accesibles para todas las áreas involucradas en el mantenimiento, la operación y la toma de decisiones estratégicas, y de este modo validar la interoperabilidad con otros sistemas utilizados en la empresa para garantizará un flujo de información eficiente y evitar redundancias en los registros.

Otro aspecto relevante es la posible necesidad de cumplir con requisitos legales o normativos en la gestión de registros digitales para inspecciones preoperacionales. Es recomendable revisar si existen regulaciones en materia de seguridad laboral, auditoría o conservación de documentos que puedan influir en la implementación del aplicativo, asegurando su conformidad con la legislación vigente.

Finalmente, es crucial capacitar a los operadores y personal administrativo en el uso de la aplicación, garantizando una transición fluida y minimizando la resistencia al cambio. Esto permitirá una adopción efectiva de la herramienta, maximizando sus beneficios en la optimización del mantenimiento y la seguridad operativa.

8. Referencias

- Bloch, H. P. (1998). Improving Machinery Reliability. In *Practical Machinery Management for Process Plants* (Vol. 1).
- Comité Técnico CTN 151 Mantenimiento. (2018). UNE 13306 2018 - Terminología del Mantenimiento. In *Ingeman* (Vol. 1, p. 6). <https://studylib.es/doc/9047028/une-13306-2018--terminología-del-mantenimiento>
- Cuatrecasas Arbós, L. (2011). *Organización de la producción y dirección de operaciones*. Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Durrant-Whyte, H., Geraghty, R., Pujol, F., & Sellschop, R. (2015). How Digital Innovation Can Improve Mining Productivity. *McKinsey & Company Insights*, November, 8.
- Enriquez, J. G., & Casas, S. I. (2014). Usabilidad en aplicaciones móviles. *Informes Científicos - Técnicos UNPA*, 5(2), 25–47. <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v5i2.71>
- Faustor Grimaldo, J., & Mantilla Marin, R. (2024). *Sistema de gestión de preuso y uso de los equipos pesados para una empresa de servicios mineros*. Universidad peruana de ciencias aplicadas.
- Flores, F. J., & Cossio, E. G. (2021). Aplicaciones, Enfoques y Tendencias del Internet de las Cosas (IoT): Revisión Sistemática de la Literatura. *Academia Journals*, 13(9), 568. [https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/543/1/Aplicaciones enfoques y tendencias del IoT.pdf](https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/543/1/Aplicaciones%20enfoques%20y%20tendencias%20del%20IoT.pdf)
- Gustafson, J. (2023). *System support for maintenance of production equipment and advanced test environment*. KTH ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY.
- Islas Ortega, L. (2020). *Red de sensores inalámbricos para mantenimiento predictivo*. INFOTEC.
- Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*, 16, 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001>
- López Jumbo, L. N., & Guamán Paucar, R. (2015). *Implementación De Una Gestión De Mantenimiento Asistido Por Ordenador (Gmao) Para La Flota Vehicular Del Gad Municipal De Catamayo En La Provincia De Loja* [Universidad Politecnica Saecian]. www.ups.edu.ec
- López, L. H. (2018). Sistema de gestión de procesos en la nube. Control y monitoreo para el mantenimiento mecánico. *3ciencias*, 11(1), 1–14. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Microsoft. (2024). *Introducción a Microsoft Power Platform para desarrolladores*. <https://learn.microsoft.com/es-es/power-platform/developer/get-started>
- Navarro, Luis. Pastor, Ana Clara. Mugaburu, J. (1997). *Gestión Integral de Mantenimiento - Luis Navarro Elola* (1st ed.). Marcombo.
- Pampliega, C. (2019). Inteligencia Artificial en el Sector de la Construcción. *Building &*

Management, 3(2), 1–5.

- Prando, R. R. (1996). *Manual de gestión de mantenimiento a la medida* (E. R. De Castañena (ed.); 1st ed.). Piedra Santa.
- Quiroga Parra, D. (2008). Metodología Para Hacer Prospectiva Empresarial En La Sociedad De La Información Y El Conocimiento. *Revista Economía Y Administración*, 70, 23–40.
- Roda, P., Perdomo, F., & Sánchez, J. (2015). Impacto de la infraestructura de transporte en el desempeño económico. *Departamento Nacional de Planeación*, 6. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/EstudiosEconomicos/424.pdf>
- Rodríguez Pérez, E., Bonet Borjas, C. M., & Quiñones, L. P. (2013). Propuesta de sistema de mantenimiento a los vehículos de transporte urbano y agrícola de una base de transporte de carga Proposal of maintenance system to the vehicles of urban and agricultural transport of a base of load transport. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(2), 61–67.
- Seiichi Nakajima. (1988). *Introducción a TPM: Mantenimiento Productivo Total* (ilustrado). Prensa de productividad, 1988.
- Sharma, J., Mittal, M. L., & Soni, G. (2022). *Condition based maintenance using machine learning and role of interpretability a review* (pp. 1–16).
- Woods, C. (2023). *Pre-Operation Inspections: Ensuring Operator Safety with Heavy Equipment*. <https://www.boomandbucket.com/blog/pre-operation-inspections-ensuring-operator-safety-with-heavy-equipment?srsId=AfmBOoopJht3K4JlrfKcRTXstFNnhFYq9kYITgUjj4Zn9kaUYvRGSP8o>
- Zhao, J., & Feng, C. (2015). Design and implementation of mobile operation maintenance management system based on Java EE and Android. *Proceedings of the IEEE International Conference on Software Engineering and Service Sciences, ICSESS, 2015-Novem*, 349–352. <https://doi.org/10.1109/ICSESS.2015.7339072>