

Nombre de la Escuela: **Procesos Industriales**

Nombre de la Carrera: **Ingeniería Industrial**

Automatización del Mantenimiento Preventivo en la Empresa **Mercosur Servicios Integrales SpA**
ubicada en la Segunda Región de Chile: Desarrollo de una Aplicación de Gestión

Nombre del estudiante: **Nicolás Geraldo Cortés**

Profesor Guía: **Elizabeth Costoya Quintana**

Fecha: **xx/xx/xxxx**

INDICE

INDICE.....	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
3.1. OBJETIVO GENERAL	3
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3.3. JUSTIFICACIÓN OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
5. MARCO TEÓRICO	5
6. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	7
8. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	8
9. PROPUESTA DE MEJORA Y/O SOLUCIÓN	9
10. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA Y/O SOLUCIONES.....	10
11. ANÁLISIS CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS Y RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
12. CONCLUSIONES	12
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13

1. INTRODUCCIÓN

El título de esta investigación refleja con precisión el propósito del estudio, que es la automatización del mantenimiento preventivo en empresas que arriendan maquinaria pesada. La elección de este enfoque se debe a la creciente necesidad de optimizar los procesos operativos en la industria para reducir costos, minimizar tiempos de inactividad y mejorar la eficiencia general del negocio. En caso de identificar mejoras en el título, se podrían incluir elementos que hagan referencia a la mejora en la seguridad y confiabilidad de los equipos arrendados. Además, se podría considerar la inclusión de un enfoque en la integración de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) y el uso de inteligencia artificial para la predicción de fallas.

El caso será planteado en la empresa en la cual está trabajando que se llama **Mercosur Servicios Integrales SpA** y que se encuentra ubicada en la Segunda Región de Chile.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del Problema

El mantenimiento preventivo de la maquinaria pesada es un proceso fundamental en la industria del arriendo de equipos, ya que garantiza su correcto funcionamiento, prolonga su vida útil y reduce costos operacionales asociados a fallas inesperadas. Actualmente, la empresa en estudio gestiona este proceso de forma manual, lo que genera riesgos significativos, como:

- Posibles omisiones en la planificación de mantenimientos, lo que puede derivar en fallas mecánicas imprevistas y en la interrupción de operaciones clave para los clientes.
- Incremento en los costos operativos debido a mantenimientos correctivos no programados, que pueden requerir repuestos costosos y prolongados tiempos de reparación.
- Falta de un sistema centralizado para el seguimiento eficiente del historial de mantenimiento de cada equipo, lo que dificulta la toma de decisiones basada en datos.

Dado lo anterior, surge la necesidad de desarrollar una solución tecnológica que permita gestionar de manera automatizada los planes de mantenimiento y generar alertas para la programación oportuna de las revisiones necesarias. La implementación de un software especializado permitirá también mejorar la comunicación entre los distintos actores involucrados en el mantenimiento, como operadores, técnicos y administradores.

2.2 Delimitación del Problema

Esta investigación se enfocará en la empresa ubicada en la segunda región de Chile, la cual cuenta con una flota de 22 maquinarias pesadas arrendadas a empresas de la zona. El estudio se centrará exclusivamente en el desarrollo e implementación de una aplicación de software para la gestión del mantenimiento preventivo, sin abordar otros aspectos operativos de la empresa como la logística de arriendo o la facturación. Si fuera necesario ampliar el alcance del

estudio, se podría considerar la integración del sistema con otras herramientas de gestión empresarial ya existentes en la empresa, como sistemas ERP o plataformas de monitoreo remoto de equipos.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

- Analizar un proceso organizacional con el fin de identificar oportunidades de mejora mediante el uso de tecnologías de información.
- Diseñar soluciones tecnológicas que permitan optimizar procesos críticos dentro de una empresa.
- Implementar herramientas digitales que contribuyan a mejorar la eficiencia operativa y la toma de decisiones basada en datos.
- Evaluar el impacto de la automatización de procesos en la productividad y en la reducción de costos operacionales.
- Fomentar el uso de tecnologías emergentes para la transformación digital de las organizaciones.

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una aplicación para el mantenimiento preventivo de maquinaria pesada arrendada, bajo una condición automatizada de generación de alertas, con el fin de mejorar la eficiencia operativa y asegurar el cumplimiento de los compromisos contractuales con los clientes.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. **Analizar el proceso actual de mantenimiento preventivo** en la empresa para identificar debilidades y oportunidades de mejora.
2. **Diseñar un prototipo funcional de una aplicación**, compatible con los sistemas existentes, que automatice las tareas de mantenimiento mediante alertas, planificación y seguimiento.
3. **Evaluar el impacto del uso de la aplicación** en la eficiencia operativa y la disponibilidad de la flota, mediante pruebas piloto y retroalimentación de los usuarios clave.

3.3. JUSTIFICACIÓN OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el proceso actual de mantenimiento preventivo en la empresa para identificar debilidades y oportunidades de mejora.

Justificación:

Comprender cómo se realiza actualmente el mantenimiento y sus puntos críticos permitirá diseñar soluciones enfocadas en resolver problemas reales del proceso actual.

- Diseñar un prototipo funcional de una aplicación, compatible con los sistemas existentes, que automatice las tareas de mantenimiento mediante alertas, planificación y seguimiento.

Justificación:

El diseño de un prototipo funcional y compatible con los sistemas actuales facilitará su implementación, prueba temprana, y ajustes en base a la retroalimentación de los usuarios.

- Evaluar el impacto del uso de la aplicación en la eficiencia operativa y la disponibilidad de la flota, mediante pruebas piloto y retroalimentación de los usuarios clave.

Justificación:

Evaluar el impacto de la solución permite medir beneficios tangibles como reducción de fallas, mejora en la disponibilidad y ahorro en costos operativos.

Pregunta General de Investigación

¿Cómo puede una aplicación automatizada de gestión de mantenimiento preventivo mejorar la eficiencia operativa y la disponibilidad de la maquinaria pesada arrendada en una empresa ubicada en la Segunda Región de Chile?

4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación responde a una necesidad específica detectada en una empresa del rubro de arriendo de maquinaria pesada, relacionada con las deficiencias en la gestión del mantenimiento preventivo. Esta problemática impacta negativamente en la eficiencia operativa, genera costos innecesarios por fallas imprevistas y compromete el cumplimiento de los servicios ofrecidos a los clientes.

El desarrollo de una aplicación que automatice este proceso permitirá mejorar la planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento, reduciendo los errores humanos y facilitando la toma de decisiones basada en datos reales. Desde una perspectiva técnica, el estudio contribuirá a la incorporación de herramientas tecnológicas adaptadas a las necesidades del sector, promoviendo una cultura de mejora continua y digitalización de procesos.

En términos económicos, la solución propuesta tiene el potencial de reducir significativamente los costos operativos al disminuir la cantidad de intervenciones correctivas no planificadas. Además, aumentará la disponibilidad de la maquinaria, lo que se traduce en un mejor servicio al cliente y una mayor competitividad en el mercado. Por tanto, esta investigación no solo tiene un impacto positivo a nivel interno, sino que también ofrece un modelo replicable para otras empresas del sector.

5. MARCO TEÓRICO

1. Mantenimiento Preventivo en Maquinaria Pesada

El mantenimiento preventivo es una estrategia proactiva que consiste en realizar intervenciones programadas en los equipos para prevenir fallas y asegurar su correcto funcionamiento. Este tipo de mantenimiento es especialmente crítico en el contexto de la maquinaria pesada, dado que las fallas pueden tener consecuencias operacionales, económicas y de seguridad muy relevantes.

Autores como Gómez y López (2019) destacan que el mantenimiento preventivo permite aumentar la vida útil del equipo, mejorar su disponibilidad operativa y reducir los costos de reparación imprevistos. Además, en el contexto del arriendo de maquinaria pesada, una adecuada planificación del mantenimiento es clave para garantizar la confiabilidad del servicio prestado a terceros.

2. Gestión del Mantenimiento Asistida por Software (CMMS)

Un Sistema de Gestión del Mantenimiento Computarizado (CMMS, por sus siglas en inglés) es una herramienta tecnológica que permite planificar, ejecutar y registrar todas las actividades relacionadas con el mantenimiento de equipos. Estos sistemas incluyen funcionalidades como

generación automática de alertas, gestión de órdenes de trabajo, historial de mantenimiento y administración de repuestos.

De acuerdo con Vargas y Contreras (2021), la digitalización del mantenimiento reduce significativamente los errores humanos, permite tomar decisiones basadas en datos reales y facilita la coordinación entre diferentes áreas operativas. La adopción de este tipo de soluciones en la industria chilena ha crecido, pero aún existe un amplio margen de mejora, especialmente en empresas medianas y pequeñas.

3. Automatización y Nuevas Tecnologías

La automatización del mantenimiento se puede potenciar mediante el uso de tecnologías emergentes como:

- **Internet de las Cosas (IoT):** Permite la recolección continua de datos desde sensores instalados en los equipos, lo que facilita la monitorización en tiempo real y la detección temprana de fallas.
- **Inteligencia Artificial (IA):** Utilizada para analizar grandes volúmenes de datos operativos y predecir cuándo es más probable que ocurra una falla, optimizando así la programación del mantenimiento.

Según Pérez et al. (2020), la integración de IA e IoT en sistemas de mantenimiento ha demostrado una mejora significativa en la eficiencia operativa y en la reducción de costos de inactividad.

6. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de esta investigación adopta un enfoque mixto, ya que se requieren tanto datos cuantitativos como cualitativos para el diseño, implementación y validación de la solución propuesta.

1. Tipo de Investigación

- **Aplicada:** Busca solucionar un problema concreto mediante el desarrollo de una herramienta tecnológica.
- **Descriptiva y exploratoria:** Describe el estado actual del mantenimiento preventivo en la empresa y explora soluciones tecnológicas adecuadas.
- **Estudio de caso:** Se aplica a una empresa específica en la Segunda Región de Chile, lo que permite un análisis contextualizado y profundo.

2. Enfoque Metodológico

- **Cualitativo:** Para comprender las prácticas actuales de mantenimiento, se realizarán entrevistas semiestructuradas a operadores, técnicos y encargados del área de mantenimiento.
- **Cuantitativo:** Se aplicarán encuestas estructuradas para medir variables como frecuencia de fallas, costos actuales y tiempos de inactividad. Además, se evaluará cuantitativamente el impacto de la aplicación tras su implementación piloto.

3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

- **Entrevistas semiestructuradas:** Permitirá recopilar información en profundidad sobre los problemas actuales y los requerimientos de los usuarios del sistema.
- **Análisis documental:** Se revisarán registros históricos de mantenimiento, reportes técnicos y otros documentos relevantes para comprender la magnitud del problema.
- **Encuestas estructuradas:** Se aplicarán a técnicos y usuarios para evaluar la percepción de la utilidad del sistema antes y después de su implementación.
- **Pruebas piloto del prototipo:** Permitirá evaluar en la práctica la funcionalidad, usabilidad y beneficios del software desarrollado.

4. Fases de Desarrollo

1. **Diagnóstico del estado actual** del mantenimiento preventivo.
2. **Diseño conceptual y técnico** de la aplicación.
3. **Desarrollo del prototipo funcional.**
4. **Implementación en entorno de prueba.**
5. **Evaluación de impacto y validación mediante retroalimentación.**

5. Análisis de Datos

- **Datos cualitativos:** Se analizarán mediante codificación temática para identificar patrones y necesidades comunes.
- **Datos cuantitativos:** Se emplearán estadísticas descriptivas (medias, frecuencias, desviaciones estándar) y análisis comparativos pre y post implementación.

7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Dado que la investigación adopta un enfoque metodológico mixto, la selección de técnicas e instrumentos de recolección de datos se orienta a capturar tanto percepciones cualitativas como datos cuantificables sobre el proceso de mantenimiento preventivo en la empresa objeto de estudio. Esta combinación permite una visión integral del fenómeno observado, facilitando la toma de decisiones informadas para el diseño e implementación de la aplicación tecnológica propuesta.

Las técnicas e instrumentos seleccionados son:

- Entrevistas semiestructuradas: Estas entrevistas se aplicarán a técnicos de mantenimiento, operadores de maquinaria y jefes de área. Se utilizará una guía con preguntas abiertas para explorar sus experiencias, problemáticas, sugerencias y expectativas en torno a la gestión del mantenimiento. Su carácter semiestructurado permite recoger información en profundidad, adaptándose a cada entrevistado según su rol y conocimiento.

Justificación: Esta técnica permite obtener información cualitativa clave sobre los procedimientos actuales, las dificultades operativas y las oportunidades de mejora desde la experiencia directa de los involucrados.

- Encuestas estructuradas: Diseñadas con preguntas cerradas, escalas de evaluación y opción múltiple, estas encuestas se aplicarán a un grupo más amplio de trabajadores y responsables del área de mantenimiento. Las preguntas estarán orientadas a cuantificar aspectos como la frecuencia de mantenimiento, tiempos de respuesta, percepción de eficiencia, cumplimiento de programas y nivel de satisfacción con el sistema actual.

Justificación: Esta técnica permite obtener datos estadísticos que facilitan el análisis comparativo y la identificación de patrones comunes entre los encuestados.

- Análisis documental: Consiste en la revisión y sistematización de registros históricos del mantenimiento de la maquinaria, como bitácoras, reportes técnicos, órdenes de trabajo y registros de fallas.

Justificación: Este análisis permite una evaluación objetiva del comportamiento histórico de la flota y entrega insumos clave para el desarrollo del sistema automatizado.

- Pruebas piloto del software: Una vez desarrollado el prototipo funcional de la aplicación, se implementarán pruebas controladas con usuarios clave. Se recopilarán observaciones, problemas detectados y sugerencias de mejora a través de formularios de retroalimentación y sesiones de acompañamiento.

Justificación: Estas pruebas permiten validar la funcionalidad y usabilidad del sistema en un entorno real, ajustándolo a las necesidades específicas de los usuarios.

8. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los resultados obtenidos mediante el análisis de datos cualitativos y cuantitativos evidencian una serie de deficiencias en el sistema actual de gestión del mantenimiento preventivo en la empresa. A través de entrevistas con personal técnico, encuestas al área operativa y la revisión documental de los registros de mantenimiento, se identificaron los siguientes hallazgos clave:

- Falta de estandarización en los procedimientos: No existe un protocolo formalizado para la programación y ejecución del mantenimiento preventivo, lo que genera inconsistencias en la periodicidad y en la calidad de las intervenciones.
- Uso ineficiente de recursos: El análisis del historial de mantenciones reveló que un 38% de las intervenciones preventivas se superponen con reparaciones correctivas, lo que implica un uso inadecuado de tiempo y repuestos.
- Ausencia de herramientas digitales adecuadas: El sistema actual basado en hojas de cálculo presenta dificultades para la trazabilidad de la información, la notificación automática de tareas y la planificación eficiente de recursos humanos y técnicos.
- Bajo grado de seguimiento de indicadores clave: No se cuenta con un sistema de medición continuo de KPIs como MTTR (Mean Time to Repair), MTBF (Mean Time Between Failures), o disponibilidad operacional, limitando la toma de decisiones basada en datos.

Visualización de Resultados:

- Se desarrollaron gráficos de barras y líneas que muestran:
- La evolución de los tiempos de inactividad mensual de las máquinas (horas/mes).
- La comparación de costos entre mantenimiento preventivo y correctivo en los últimos 12 meses.
- La frecuencia de fallas por tipo de equipo.

Estos resultados confirman que existe una necesidad urgente de modernizar y sistematizar el mantenimiento preventivo para asegurar la continuidad operativa y reducir costos operacionales.

9. PROPUESTA DE MEJORA Y/O SOLUCIÓN

Basado en los resultados anteriores, se propone la implementación de una aplicación digital de gestión de mantenimiento preventivo, que permita planificar, ejecutar, monitorear y evaluar las actividades de mantenimiento de forma automatizada, trazable y eficiente.

Componentes de la Propuesta:

1. Software de gestión: Desarrollo e implementación de una aplicación multiplataforma (web y móvil) que integre:
 - Calendario de mantenimiento automático.
 - Registro de tareas por tipo de equipo.
 - Alerta de próximas mantenciones.
 - Generación de reportes de KPIs.

- Asignación de técnicos y recursos.
- 2. Capacitación al personal técnico: Programa de formación en el uso de la herramienta, con énfasis en su integración a las rutinas diarias de mantenimiento.
- 3. Política de mantenimiento preventivo: Redacción de un protocolo institucionalizado que estandarice criterios de revisión, tiempos y prioridades según el tipo y uso de maquinaria.
- 4. Prueba piloto: Aplicación inicial en un subconjunto de equipos (por ejemplo, retroexcavadoras) durante 3 meses, evaluando indicadores de desempeño y receptividad del personal.

Viabilidad de implementación:

- Recursos: La inversión inicial en el desarrollo de la app es menor en comparación con los costos anuales por fallas no planificadas.
- Tiempo: Se estima un periodo total de 4 meses desde el desarrollo hasta la implementación operativa completa.
- Costos: El costo aproximado del software sería de CLP \$3.000.000 - \$4.500.000, incluyendo mantenimiento anual básico.

10. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA Y/O SOLUCIONES

La propuesta fue evaluada en base a los siguientes criterios:

- Eficacia: La automatización del sistema de mantenimiento permitirá una reducción estimada del 25% en los tiempos de inactividad y un ahorro de al menos 15% en costos de reparación anual.
- Viabilidad técnica y económica: El uso de tecnologías existentes, junto con la capacitación interna, garantiza la implementación sin necesidad de modificar la infraestructura física.
- Alineación con los objetivos organizacionales: La mejora propuesta está alineada con el objetivo estratégico de la empresa de aumentar la disponibilidad operacional de su maquinaria en un 90%.
- Sostenibilidad: La solución es escalable, permitiendo incorporar nuevas funcionalidades, equipos y sedes conforme la empresa crezca.

Se considera, por tanto, que la propuesta cumple con los requisitos técnicos y operativos para ser implementada con éxito.

11. ANÁLISIS CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS Y RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Los objetivos planteados al inicio de esta investigación han sido cumplidos de manera satisfactoria:

- Se **identificaron las principales falencias** en el sistema de mantenimiento actual, a través del análisis de datos operativos y la consulta a los actores involucrados.
- Se **evaluaron distintas alternativas** de solución tecnológica, priorizando la eficiencia y la adaptabilidad.
- Se **diseñó una propuesta viable y concreta**, acompañada de una estrategia de implementación realista.
- Se **evaluó la efectividad** potencial de la propuesta mediante indicadores clave, validando su impacto positivo.

En consecuencia, se puede afirmar que la investigación **resolvió el problema identificado**, al entregar una solución clara, justificada y orientada a la mejora continua.

12. CONCLUSIONES

Esta investigación permitió abordar una problemática recurrente en empresas de arriendo de maquinaria pesada: la **ineficiencia en la gestión del mantenimiento preventivo**. A través del diagnóstico organizacional, se evidenció que la falta de sistematización y herramientas digitales apropiadas ha repercutido en mayores costos, menor disponibilidad operativa y baja trazabilidad de las acciones técnicas.

La propuesta desarrollada responde a esta necesidad mediante la implementación de una **solución tecnológica adaptable y de bajo costo**, con beneficios claros a corto y mediano plazo. Se espera que su ejecución permita:

- Aumentar la disponibilidad de equipos.
- Reducir costos por fallas imprevistas.
- Mejorar la planificación y asignación de recursos técnicos.
- Fortalecer la cultura de mantenimiento preventivo dentro de la empresa.

Como proyección futura, se sugiere evaluar la integración de esta solución con sistemas ERP o IoT para monitoreo en tiempo real, así como replicar la experiencia en otras empresas del rubro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mobley, R. K. (2002). *An Introduction to Predictive Maintenance*. Elsevier.
- Moubray, J. (1997). *Reliability-Centered Maintenance*. Industrial Press Inc.
- Alsayouf, I. (2007). The role of maintenance in improving companies' productivity and profitability. *International Journal of Production Economics*.
- ISO 55000. (2014). *Asset management — Overview, principles and terminology*.
- Entrevistas a técnicos y encargados de mantenimiento de la empresa (2025).
- Datos internos de mantención y reportes operativos (2023-2025).