



**La importancia de la gestión y el análisis de la información de activos físicos dentro
de una organización para la toma de decisiones de inversión**

Paula Milena Farfán Morales

Isaac David Catalán Caro

Monografía presentada para optar al título de Especialista en Gestión de Activos

Tutor:

Juan Carlos Orrego Barrera, Magister en Gestión energética industrial

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Especialización en Gestión de Activos

Medellín, Antioquia, Colombia

2024

Cita	(Farfán Morales & Catalán Caro, 2024)
Referencia	Farfán Morales, P. M. & Catalán Caro, I. D. (2024). <i>La importancia de la gestión de activos físicos dentro de una organización para la toma de decisiones de inversión.</i>
Estilo APA 7 (2020)	[Trabajo de grado especialización]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Especialización en Gestión de Activos, Cohorte IV.



Centro de Documentación de Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Agradecimientos

Queremos agradecer a la Universidad de Antioquia por ofrecer la posibilidad de formación virtual brindándonos la flexibilidad para poder tomar la especialización de Gestión de Activos sin tener inconvenientes con nuestros esquemas laborales.

Queremos reconocer al ingeniero Luis Alberto Mora Gutiérrez por su empeño y dedicación durante el desarrollo de esta monografía, aportándonos la guía y los conocimientos necesarios para su estructuración y mejora.

A los docentes de la especialización de Gestión de Activos, por compartirnos sus conocimientos y experiencias necesarios en nuestra formación como especialistas.

A GeoPark Colombia S.A.S. por el apoyo brindado para la formación como especialista en Gestión de Activos.

Paula Milena Farfán Morales

Isaac David Catalán Caro

A Dios y nuestras familias por su apoyo y acompañamiento.

A todos muchas gracias.

Contenido

Contenido	4
Figuras	6
Ecuaciones	7
Tablas	8
Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Objetivos	12
General	12
Específicos.....	12
UNO – Identificación de desviaciones de los avisos de SAP PM.	12
DOS – Establecimiento de bases y criterios para la creación de avisos de fallas.	12
TRES – Orientación del personal para la generación de avisos en Software SAP.	12
CUATRO – Demostración de beneficios económicos obtenidos.	12
Justificación	13
Marco Teórico	15
Los activos en una organización	15
La gestión de activos y su importancia en las organizaciones	16
Gestión de activos físicos: definición y principios clave	16
Importancia del análisis de la información en la toma de decisiones de inversión	17
La calidad del dato	18
Estado del arte	19
Modelo de toma de decisiones de mantenimiento para evaluar impactos	20
Mejoras en mantenimiento	21
Rediseño en proceso de recopilación de datos para análisis de confiabilidad	22
Análisis de Costo y Ciclo de Vida	22
Plan de mantenimiento de bombas centrífugas basado en toma de decisiones	23
Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo	24
Diseño de plan de mantenimiento preventivo y correctivo programado	24
Metodología	26
Desarrollo	30
Definiciones, Notas y supuestos de Hoja vida del indicador de Calidad de Dato	32
Cálculo de Indicador de Calidad de la Información y hoja de vida	34
Metas y objetivos del Indicador de Calidad de Dato	38
Aseguramiento de la calidad del dato a través del indicador	38
Capacitación del personal	39
1. Conceptos Básicos de Calidad de Datos:	40
2. Procedimientos de Registro de Datos:	40
3. Impacto en la Toma de Decisiones:	40
Importancia del aseguramiento de la calidad del dato	40
Análisis de los datos de información	40
Análisis de los datos de información utilizando distribución estadística (Weibull)	43
Motor de combustión unidad A	45
Motor de combustión Unidad B	46
Motor de combustión Unidad C	47
Motor de combustión unidad D	48

El MTBF un indicador importante para el análisis de confiabilidad de los equipos principales (A, B, C y D).....	49
Costos relacionados, Inversión y Beneficios	50
Logro de los objetivos específicos	54
<i>Conclusiones y resultados.....</i>	56
<i>BIBLIOGRAFÍA.....</i>	58

Figuras

Figura 1. Etapas del desarrollo de la investigación.....	28
Figura 2. Características técnicas de los activos físicos del sistema	31
Figura 3. Tendencia del indicador de calidad de la información	32
Figura 4. Parámetros de cumplimiento del indicador calidad de la información.....	38
Figura 5. Tendencia del indicador de calidad de la información posteriormente	39
Figura 6. Diagrama Pareto de los malos actores de la estación	41
Figura 7. Diagrama Pareto de los malos actores por especialidad y modos de falla	42
Figura 8. Diagrama Pareto de los malos actores por ítem mantenibles y causas.....	42
Figura 9. Banda de aplicabilidad de la distribución Weibull para tasa de fallas	43
Figura 10. Banda de aplicabilidad de la distribución Weibull para tasa de fallas	44
Figura 11. Forma de Interpretación de Indicadores MTBF y MTTR	49
Figura 12. Tendencia del Tiempo Medio entre Fallas de los motores de combustión.....	50
Figura 13. Costos asociados a correctivos de los motores de combustión	51
Figura 14. Costos de los correctivos motores de combustión.....	51

Ecuaciones

Ecuación 1. Ecuación general de cumplimiento de documentación de avisos	35
Ecuación 2. Ecuación de cumplimiento de avisos	36
Ecuación 3. Ecuación de avisos con campos de texto explicativos	36
Ecuación 4. Ecuación de avisos con campos de parte objetos	36
Ecuación 5. Ecuación de avisos con campos de causas de fallas.....	36
Ecuación 6. Ecuación de avisos con campos de síntoma de avería	37
Ecuación 7. Ecuación de avisos con relación de fechas de avisos e inicio de avería.....	37
Ecuación 8. Ecuación de avisos con fin de averías relacionados.....	37
Ecuación 9. Ecuación de avisos con referencias de campo de duración de paradas	37

Tablas

Tabla 1. Norma y estándares.....	27
Tabla 2. Recursos necesarios	27
Tabla 3. Análisis de confiabilidad unidad A con distribución Weibull	45
Tabla 4. Análisis de confiabilidad unidad B con distribución Weibull	46
Tabla 5. Análisis de confiabilidad unidad C con distribución Weibull	47
Tabla 6. Análisis de confiabilidad unidad D con distribución Weibull	48
Tabla 7. Resumen de Indicadores y factibilidad de inversión.....	53

Resumen

Este documento aborda la gestión de activos físicos en la industria del petróleo, destacando su importancia para la toma de decisiones de inversión y la optimización de recursos. Se enfoca en la recolección y análisis de datos de fallas de activos durante su ciclo de vida operativo, lo cual es crucial para decisiones costo-efectivas y la mejora de procesos. La calidad de la información registrada en los sistemas de gestión de mantenimiento es fundamental para reducir impactos negativos y asegurar una operación confiable.

Los objetivos del estudio incluyen identificar desviaciones en los avisos de fallas, establecer criterios para la creación de avisos, orientar al personal en el uso del software SAP PM, y demostrar los beneficios económicos de una información de alta calidad. La justificación del estudio se centra en los desafíos que enfrentan las compañías petroleras para identificar causas de fallas y la necesidad de mejorar la calidad de los reportes para optimizar la toma de decisiones y reducir riesgos operativos y financieros.

Mantener una correcta información registrada en los sistemas de gestión de mantenimiento es un reto significativo para las compañías, ya que permite análisis oportunos y alternativas enfocadas en decisiones asertivas. La calidad de la documentación de las fallas es crucial para reducir los impactos generados por eventos y afectaciones. El historial de fallas juega un papel crucial en la planificación efectiva del mantenimiento y la gestión de los recursos financieros. El conocimiento profundo de las fallas pasadas permite la introducción de un sistema de mantenimiento preventivo y la optimización de la asignación de recursos financieros y humanos, evitando costosos períodos de inactividad no planificada.

En conclusión, la gestión de activos físicos y el mantenimiento eficiente son elementos clave para garantizar la continuidad del negocio y la generación de valor en la industria del petróleo. El análisis financiero y la toma de decisiones de inversión en este ámbito son fundamentales en un entorno competitivo y complejo como el actual.

Abstract

This paper addresses physical asset management in the oil industry, highlighting its importance for investment decision making and resource optimization. It focuses on the collection and analysis of asset failure data throughout its operational life cycle, which is crucial for cost-effective decisions and process improvement. The quality of information recorded in maintenance management systems is critical to reducing negative impacts and ensuring reliable operation.

The objectives of the study include identifying deviations in failure notifications, establishing criteria for creating notifications, guiding staff in the use of SAP PM software, and demonstrating the economic benefits of high-quality information. The justification of the study focuses on the challenges faced by oil companies in identifying causes of failures and the need to improve the quality of reports to optimize decision making and reduce operational and financial risks.

Maintaining correct information recorded in maintenance management systems is a significant challenge for companies, as it allows for timely analysis and alternatives focused on assertive decisions. The quality of failure documentation is crucial to reduce the impacts generated by events and disruptions. The failure history plays a crucial role in effective maintenance planning and financial resource management. In-depth knowledge of past failures allows the introduction of a preventive maintenance system and the optimization of the allocation of financial and human resources, avoiding costly unplanned downtime.

In conclusion, physical asset management and efficient maintenance are key elements to ensure business continuity and value generation in the oil industry. Financial analysis and investment decision-making in this area are essential in a competitive and complex environment such as the current one.

Introducción

La gestión de activos físicos se ha convertido en un pilar fundamental para las organizaciones de exploración y producción de petróleo. La adquisición y mantenimiento de estos activos representan un costo elevado para las compañías, por lo que es crucial entender los factores asociados a las fallas de los equipos para gestionar adecuadamente los recursos financieros y asegurar una operación confiable y segura (Stamatis, 1995).

La recolección de datos relacionados con las fallas de los activos durante su ciclo de vida operativo es crucial para tomar decisiones costo-efectivas alineadas con estándares de gestión de activos a nivel mundial. Esta información es esencial para la industria del petróleo, ya que permite optimizar la confiabilidad de los equipos y mejorar los procesos.

Mantener una correcta información registrada en los sistemas de gestión de mantenimiento es un reto significativo para las compañías, ya que permite análisis oportunos y alternativas enfocadas en decisiones asertivas. La calidad de la documentación de las fallas es crucial para reducir los impactos generados por eventos y afectaciones.

El historial de fallas juega un papel crucial en la planificación efectiva del mantenimiento y la gestión de los recursos financieros. El conocimiento profundo de las fallas pasadas permite la introducción de un sistema de mantenimiento preventivo y la optimización de la asignación de recursos financieros y humanos, evitando costosos períodos de inactividad no planificada.

En conclusión, la gestión de activos físicos y el mantenimiento eficiente son elementos clave para garantizar la continuidad del negocio y la generación de valor en la industria del petróleo. El análisis financiero y la toma de decisiones de inversión en este ámbito son fundamentales en un entorno competitivo y complejo como el actual (Loyola-Torres, Cisneros-Quintanilla, & Ormaza-Andrade, 2020), (Bayas, 2021).

Objetivos

A continuación, se definen los objetivos de esta monografía:

General

Realizar el análisis de información y diagnóstico de la calidad de los avisos de fallas en los activos físicos de un campo de producción de petróleo y desarrollar un estándar de procesos y plan de capacitación del personal para el aseguramiento de la calidad de estos reportes de fallas.

Específicos

UNO – Identificación de desviaciones de los avisos de SAP PM.

Identificar las desviaciones en los avisos de fallas de los activos físicos mediante el análisis de la información de avisos en SAP PM.

DOS – Establecimiento de bases y criterios para la creación de avisos de fallas.

Establecer las bases y criterios fundamentales del proceso de creación de avisos de fallas en los activos físicos.

TRES – Orientación del personal para la generación de avisos en Software SAP.

Orientar de manera asertiva al personal encargado de generar los avisos en el software SAP PM según estándares internacionales.

CUATRO – Demostración de beneficios económicos obtenidos.

Demostrar los beneficios de inversión de la organización a partir de una fuente de información con una excelente calidad en los datos relacionado al historial de falla de los activos físicos.

Justificación

En el sector industrial, y especialmente en el de la extracción de petróleo, la gestión eficiente de los activos físicos es crucial para mantener la operatividad y minimizar costos. Sin embargo, las compañías petroleras enfrentan desafíos significativos en la identificación precisa de las causas de fallas en sus activos físicos. Este problema no solo afecta la calidad de los datos históricos de fallas, sino que también impacta la toma de decisiones sobre inversiones y estrategias de mantenimiento.

La falta de precisión en los datos de fallas resulta en un repositorio histórico con información poco fiable, lo que impide a la compañía identificar correctamente las causales de las fallas. Esto, a su vez, afecta la toma de decisiones sobre mantenimiento e inversión, generando potenciales riesgos financieros y operativos. Este estudio busca confirmar si el desconocimiento de los modos de falla y las deficiencias en la calidad de los reportes están directamente relacionados con problemas en la toma de decisiones y en la optimización de los activos.

El uso del CMMS (*Computerized Maintenance Management System*) para el reporte de fallas es estándar en la industria, pero si el personal encargado no tiene el conocimiento adecuado para realizar reportes precisos, la calidad de los datos se ve comprometida. Un alto porcentaje de discrepancia entre los reportes de fallas y las fallas reales sugiere problemas significativos en la precisión de los datos relacionados al historial de los activos. Identificar este porcentaje es crucial para entender el alcance del problema y desarrollar estrategias para mejorar la confiabilidad de los procesos. Esto es esencial para desarrollar intervenciones de mantenimiento más efectivas (Morales - Ronceros & Pomblas, 2023) (Martinez - Higuera, 2021) (Herrera - Cano, 2020).

La integración del estándar ISO 55000 en la gestión de activos es esencial para asegurar la eficacia y eficiencia en la administración de recursos. Este estándar define los requisitos y pautas para la gestión global de activos, promoviendo la mejora continua y maximizando el valor de los activos a lo largo de su ciclo de vida. Asimismo, su implementación permite establecer un marco de referencia común a nivel internacional, facilitando la comparación y el intercambio de mejores

prácticas entre diferentes organizaciones (Morales - Ronceros & Pomblas, 2023) (Martinez - Higuera, 2021).

La falta de inclusión del estándar de la norma ISO 14224 y/o procedimientos existentes puede contribuir a la baja calidad en los reportes de falla, una baja calidad en los reportes puede llevar a diagnósticos incorrectos y a intervenciones menos efectivas, lo que afecta la disponibilidad de los activos y aumenta los costos operativos.

La presente investigación se enfoca en analizar los problemas asociados con las decisiones de inversión a partir de la data de los avisos de fallas de los activos físicos en una compañía petrolera. Los resultados permitirán a la compañía optimizar sus procesos de mantenimiento y toma de decisiones, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo costos asociados a fallas de activos.

Marco Teórico

La gestión de activos físicos juega un rol crítico en las organizaciones que dependen de sus activos para crear valor, lograr sus objetivos y cumplir con el propósito para el cual fue creada. Por lo tanto, es indispensable establecer un enfoque para apoyar la toma de decisiones de inversión sobre los activos físicos y se define un periodo de aplicación que permita evidenciar el aporte del enfoque al mejoramiento de los procesos de inversión en activos físicos de la organización, con base en la información recopilada. El objetivo de este documento es proponer un enfoque para el análisis y gestión de la información de activos físicos, así como describir algunos modelos e indicadores que pueden ayudar a evaluar la gestión de activos y tener elementos para la toma de decisiones. Se optó por una revisión bibliográfica y documental, logrando un consolidado del marco conceptual y estructurado en un enfoque y herramientas clave que permitan comprender y desarrollar la gestión de activos y la toma de decisiones (León-Ganchozo, Valero-Yarlequé, & Vera-Macías, 2020), (Rodríguez-Pachón & Osorio-Barrientos, 2023), (López-Deaza & Núñez-Nieto, 2022).

Los activos en una organización

Los activos son aquellos elementos por los que la organización depende para crear valor, lograr sus objetivos y cumplir con el propósito para el cual fue creada. Se comprende entonces la complejidad y la importancia que tiene el poder gestionar esos elementos, ya que una gestión deficiente de los activos puede conllevar, entre otros aspectos, el aumento de los costos asociados con tener, operar y mantener el activo, pérdida de confiabilidad, riesgos para la vida de equipos y personas, incumplimientos normativos que pueden generar sanciones, generar pérdidas económicas y del negocio, impactar negativamente la imagen de la organización o generar daños al medio ambiente. Se encontró que la toma de decisiones de inversión sobre los activos físicos de las organizaciones no se ven apoyadas de manera efectiva en información sistematizada, ordenada, completa e integrada que permita a los diferentes niveles de decisión (operativos o estratégico) conducir evaluaciones eficientes y eficaces tomando como base la mejor información disponible (Loor-Zambrano, Alcívar-Martínez, & Márquez-Bravo, 2023).

La gestión de activos y su importancia en las organizaciones

La gestión de activos dentro de las organizaciones se ha caracterizado por ser una necesidad para toda organización con capacidad productiva, física y temporal. La gestión de los activos ha adquirido en la actualidad gran importancia en las organizaciones para llevar a cabo una gestión eficiente de los mismos, a efectos de obtener una mayor productividad. Un mayor conocimiento y control de los activos permite además a las empresas poder desarrollar una toma de decisiones de inversión eficiente, basada como primera medida en la necesidad misma de llevar a cabo esa inversión. En la actualidad, las empresas son conscientes de que, si no se gestiona de manera adecuada, acorde con el tamaño de la organización, recursos dedicados se están utilizando de una manera no adecuada, no solo invirtiendo más en activos de los necesarios sino también no aprovechando la capacidad productiva de los mismos (Marrero-Hernández, García-Fenton, Vilalta-Alonso, Martínez - Pérez, & Basile-Wilson, 2022), (Pulido & Alzate - González, 2022) (Molina-Verdugo, Sánchez-Fuentes, Leyva-Jiménez, & Verdugo-Tapia, 2021), (Olaza -Aliano, 2022).

La gestión de activos (*Asset management*) es un proceso que integra las funciones tanto técnicas como de negocio y de apoyo, que trabajan en las diferentes fases del ciclo de vida de un activo, con el fin de que este complemente unos objetivos productivos a un coste global mínimo, sujeto a un riesgo global mínimo. La necesidad de esta gestión viene dada por un doble elemento que afecta a los activos. Si por una parte poseer activos es necesario para satisfacer los objetivos de la empresa, por otro lado, el solo hecho de tener activos implica unas responsabilidades y conlleva una serie de costos. No se puede cumplir con los objetivos sin el uso de los activos, pero el hecho de tener activos, aunque sea solo un pequeño porcentaje del total, implica una serie de actividades y decisiones cuyo costo debe ser asumido para poder usar esos activos (Parra, y otros, 2021) (Pérez-Moreno, 2020) (Pazmiño-Chiluiza & Lara-Vasconez, 2023).

Gestión de activos físicos: definición y principios clave

En línea con lo anterior, para lograr controlar y atacar los niveles actuales de desperdicio

de recursos involucrados en muchos aspectos de la gestión de la vida de los activos, se ha desarrollado la disciplina conocida por sus siglas en inglés como *Asset Management* (de ahora en adelante *AM*), cuyo objetivo, es hacer un uso eficiente y efectivo de los activos, con el fin de maximizar los beneficios asociados a lo largo de sus vidas útiles, a través de la optimización del retorno sobre la inversión (*value for money*). La disciplina considera dos coordenadas dimensionales: a) el denominado activo físico y b) el proceso de gestión del activo analizado desde una perspectiva de gestión empresarial, destacando sus similitudes y diferencias con los otros procesos empresariales (Pulido & Alzate - González, 2022).

Importancia del análisis de la información en la toma de decisiones de inversión

El análisis detallado de la información de una cantidad masiva de activos físicos es, de hecho, esencial para el éxito de las organizaciones empresariales. Para las empresas, una de las inversiones más significativas son los gastos en activos fijos (es decir, aquellas inversiones básicas para iniciar y desarrollar algún negocio, como por ejemplo los edificios, los terrenos, la maquinaria, los muebles o los automóviles). En particular, para el sector manufacturero, estos gastos representan la mayor parte del capital invertido (alrededor del 60-70%) y del capital físico, que conlleva su propia operación, mantenimiento y los costos vinculados a la gestión. También es sabido que estos gastos inciden en los procesos de fabricación y que, en el tiempo, el desempeño y la confiabilidad de estas inversiones (cualesquiera de ellas) pueden cambiar radicalmente (Mora, 2009).

Son, en general, cuatro las fases a seguir en el desarrollo de capital físico: cuando una organización decide invertir en bienes físicos de capital, primero debe adquirirlos, posteriormente, los bienes son estructurados y puestos en servicio, lo que corresponde a la fase relativa del ciclo de puesta en servicio. Una vez en operación los activos deben ser inspeccionados y se deben llevar a cabo los mantenimientos necesarios para su adecuada operación. Después de transcurrido un determinado tiempo en operación cumpliendo con el ciclo de vida establecido, la organización decide retirar del servicio el elemento de capital llegando a la fase de desmantelamiento. Las actividades descritas anteriormente aportan una gran cantidad de datos e información relacionados con el rendimiento de los bienes o activos en servicio.

La calidad del dato

Es un aspecto fundamental en cualquier contexto en el que se maneje información. En todas las áreas, desde la investigación científica hasta el ámbito empresarial, la fiabilidad y exactitud de los datos son cruciales para tomar decisiones informadas y lograr resultados exitosos. Es por eso imprescindible garantizar que los datos que se utilizan sean de alta calidad. Esto implica asegurarse de que los datos sean precisos, completos, consistentes y actualizados. Además, es importante contar con procesos y sistemas que permitan la verificación y validación de los datos, así como la detección y corrección de posibles errores. En resumen, la calidad del dato es un factor determinante en la confiabilidad y efectividad de cualquier actividad que involucre el uso de información (Taleb, Adel-Serhani, Bouhaddioui, & Dssouli, 2021), (Piedrahita-Mazo & Montoya-Quintero, 2022).

En la industria del petróleo, la calidad de los datos es de crucial importancia para la toma de decisiones empresariales precisas y efectivas. Dada la complejidad y el alto costo asociado con las operaciones en este sector, contar con datos fiables y precisos no solo es fundamental para la gestión eficiente de las actividades diarias, sino también para asegurar la sostenibilidad y el crecimiento a largo plazo de las organizaciones.

Los datos de alta calidad permiten a los líderes de la industria petrolera tomar decisiones informadas y fundamentadas. En un sector donde cada decisión puede tener repercusiones significativas en términos de costos y seguridad, la precisión de los datos es esencial. Los datos fiables facilitan un análisis correcto, permitiendo a los directivos identificar oportunidades de mejora, gestionar riesgos de manera efectiva y formular estrategias que optimicen la producción y la rentabilidad. Sin datos precisos, las decisiones pueden basarse en suposiciones erróneas, lo que puede llevar a estrategias ineficaces y a la pérdida de oportunidades competitivas (Jackeline & Alvarez, 2024), (Alvarez-Q, Lozano-M., & Bravo-M., 2022), (Zúñiga & Sánchez - Godínez, 2012) (Marín-Benjumea, 2022).

Estado del arte

El presente estado del arte proporciona una visión panorámica y actualizada de la investigación relacionada con la importancia de la gestión y el análisis de la información de activos físicos dentro de una organización para la toma de decisiones de inversión en la industria del petróleo; este análisis exhaustivo se centra en la toma de decisiones claves para la inversión de los activos. A través de la revisión crítica de la literatura existente, se pretende no solo contextualizar el proyecto de investigación actual, sino también identificar las lagunas y áreas de oportunidad que justifican la relevancia y pertinencia de este.

El campo de la calidad de la información de los activos físicos ha experimentado un notable crecimiento y desarrollo en los últimos años, impulsado en gran medida por los avances por la creciente necesidad de ser más asertivos en la toma de decisiones para una organización disminuyendo el nivel de incertidumbre y reducción del riesgo en una compañía.

En este sentido, el presente estado del arte se estructura en torno a tres principales ejes temáticos: la calidad de la información registrada, el conocimiento o saber por parte de los principales involucrados en la creación de avisos y por último el análisis de inversión a partir de la calidad de los avisos e información de los activos. Cada uno de estos ejes se examina detalladamente, destacando los estudios más relevantes, las metodologías empleadas y los hallazgos más significativos. Además, se presta especial atención a las tendencias emergentes y a las áreas de investigación que presentan un potencial prometedor para futuras investigaciones (Marrero-Hernández, García-Fenton, Vilalta-Alonso, Martínez - Pérez, & Basile-Wilson, 2022).

En última instancia, se espera que este análisis crítico sirva como punto de partida para el desarrollo del proyecto de investigación propuesto, proporcionando un marco sólido y fundamentado que oriente la exploración de nuevas perspectivas, enfoques y metodologías.

A continuación, se describen algunas investigaciones o estudios orientados en la toma de decisiones de los activos físicos.

Modelo de toma de decisiones de mantenimiento para evaluar impactos

La investigación “Modelo de toma de decisiones de mantenimiento para evaluar impactos en disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad y costos” fue realizada por un grupo de ponentes para optar el título en dirección de empresas de la universidad de Chile, facultad de ciencias y matemáticas. Este estudio tomó como tema central la mejora continua en los procesos de mantenimiento y desarrolló un modelo de toma de decisiones de mantenimiento para evaluar impactos en KPI de relevancia como lo son: Disponibilidad, Mantenibilidad, Confiabilidad y Costos. La propuesta de valor radicó en que la organización donde se desarrolla este estudio carecía de una forma de evaluar en tiempo real las decisiones que se tomaban. No existía una metodología que permitirá evaluar de manera previa y posterior los efectos sobre indicadores de interés respecto a las decisiones que se toman sobre la administración del mantenimiento de equipos. (Mora Gutiérrez, 2024), (Marrero-Hernández, García-Fenton, Vilalta-Alonso, Martínez - Pérez, & Basile-Wilson, 2022).

El objetivo del modelo desarrollado fue entregar los elementos de juicio técnico y económico para optimizar las decisiones de mantenimiento sobre los equipos móviles que administra la Superintendencia de Mantenimiento Mina subterránea, Gerencia Minas, Codelco División Andina. Se escogió dentro de las técnicas de análisis de confiabilidad, la técnica llamada *Cost Scatter Diagrams* (CSD), además de evaluar la calidad e información con que se disponía para validar las conclusiones obtenidas a través de su representatividad. La técnica permite representar los KPI de interés en distintos escenarios de acuerdo con sus eventos de falla, por lo que se propuso una metodología para también proyectar posibles resultados de acuerdo con propuestas de mejora y así identificar una tendencia para tomar la decisión de realizar o no la mejora. Por último, se desarrolló un software con algoritmos con la metodología propuesta para aportar en oportunidad y valor sobre la gestión de la organización en cuestión.

Como conclusiones a esta investigación se consiguió organizar el ingreso de información en los sistemas de información de la superintendencia donde se desarrolló el estudio, pero esta actividad evidenció la necesidad de disponer de una fuerte carga de trabajo en el control de la

prolijidad con que se registran los eventos de falla, su reporte a los interesados y un cierre con registro de los resultados. Lo anterior se debe a que estas nuevas prácticas vienen a contravenir el uso y costumbre que llevaba una organización durante varios años.

Complementariamente, se dio la necesidad de ingresar estas nuevas prácticas a los sistemas de gestión del desempeño internas de cada uno de los trabajadores de la superintendencia, para que éstas formaran parte de las metas anuales a cumplir.

También se logró obtener una data confiable que permite realizar análisis de ella: las nuevas prácticas tienen que ver con el cambio en los usos y costumbre de un gran grupo de personas, por lo que esto explica un poco la no adopción absoluta de la forma de trabajo propuesta. Muestra de ello es el indicador de calidad de la información utilizada para el estudio, en donde se tuvo que hacer un trabajo extenuante para recién lograr la calidad de un 78 [%], que parece no ser suficiente para elevar a técnicas estadísticas la data obtenida. El trabajo de asegurar una información suficiente y con calidad óptima para realizar el análisis, ha significado para esta organización, el primer paso de análisis de data automatizado y bajo un modelo específico, por lo que con este paso se abren expectativas de realizar otros estudios en base a otras técnicas (Rivera-Estay, 2015).

Mejoras en mantenimiento

El “estudio de mejoramiento de planes de mantenimiento mediante el análisis de la criticidad de equipos del área química línea 1, celulosa Arauco y constitución, en la planta Arauco” ubicada en Arauco – Chile, se basó en la reducción de costos de mantenimiento en la industria actual, sobre todo aquellas que han alcanzado un nivel de clase mundial. El estudio se centra en los equipos del área química de la línea 1 de Celulosa Arauco y Constitución S. A. Planta Horcones. Esta Planta cuenta con 2 líneas productivas: línea 1 (año 1968) con 800 [ton/día] y línea 2 (año 1992) con 1410 [ton/día] de celulosa.

En el año 2012 se implementó en todas las áreas de línea 2 el análisis de criticidad de equipos, otorgándole así una categoría (K, P y O) para la conformación y respaldo de los planes preventivos, asignación de recursos, repuestos, materiales y servicios. La propuesta de mejora

consistió en aplicar criticidad de equipos en base a riesgo de acuerdo con un criterio reconocido; para eso debemos analizar y reconocer su criticidad: alta (K): alta incidencia en la producción, seguridad y medio ambiente, criticidad media (P): incidencia media en la producción, seguridad y medio ambiente, criticidad baja (O): no afecta producción, seguridad y medio ambiente.

La conclusión de este proyecto se enfocó en realizar un estudio de riesgo con el objeto de disminuir el costo de mantenimiento mediante la implementación de la determinación de la criticidad de los equipos. Esta disminución de costos se estaría viendo reflejada en la priorización de los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo (Peña-Troncoso & Palma-Sanchez, 2017).

Rediseño en proceso de recopilación de datos para análisis de confiabilidad

En la investigación “Propuesta de rediseño en el proceso de recopilación de datos para el análisis de confiabilidad en interruptores de potencia de gas SF₆” se realiza un estudio que evalúa la factibilidad de incorporar un sistema de monitoreo en línea para interruptores de potencia de gas SF₆ en la empresa chilena Transelec, dedicada a la transmisión de energía eléctrica que ilumina al 97% de la población que habita entre Arica y Chiloé. La incorporación de un sistema de monitoreo permite levantar información de la condición del interruptor de manera automatizada, sin la necesidad de tener a una persona que realice el trabajo. Esto complementa el proceso de recopilación de datos sujeto a la filosofía de Lean Manufacturing, que se focaliza en identificar y eliminar todo proceso o actividad que utiliza más recursos de los necesarios.

Los equipos de monitoreo miden parámetros de desgaste del interruptor, tasas de fuga, sistemas mecánicos entre otros, lo que permitiría conocer el estado actual del equipo y alertar a la empresa si es que existe alguna anomalía. Esto aportaría en la toma de decisiones estratégicas para análisis de confiabilidad, informando automáticamente cuando realizar el mantenimiento del equipo, lo que permitiría reducir costos por mantenimientos preventivos y anticiparse a una falla catastrófica que signifique un reemplazo anticipado de la máquina (Varas-Soler, 2019).

Análisis de Costo y Ciclo de Vida

En el trabajo final para optar por la certificación ASME: Especialización en Ingeniería y

Gestión del Mantenimiento, llamado “Análisis de Costo y Ciclo de Vida para la Reposición de un Motor de Gas Superior 16G825 y Compresor de Gas Worthington tipo OF6XH6 por un Motor a Gas Waukesha 7044 S5 -Compresor Superior MH64” también se evidencia la toma de decisiones a través del análisis del costo del ciclo de vida. Para este caso, en este estudio se tiene en cuenta que la reposición de los activos dentro de un proceso de gestión del Mantenimiento de una organización sólo puede medirse por el análisis exhaustivo del desempeño basado en integridad y confiabilidad teniendo en cuenta la evaluación financiera la cual involucra una amplia variedad de factores importantes, que, en su conjunto, constituyen la justificación y aportación por parte del sector Mantenimiento al sistema de producción.

No hay fórmulas simples para "medir" cual activo es más susceptible de reposición, tampoco hay reglas fijas o inmutables con validez para siempre y en todos los casos, cualquier planteamiento de análisis financiero-basados en un análisis de costo ciclo de vida, debe hacerse con la suficiente flexibilidad para admitir todos los posibles tratamientos individualizados que puedan afectar la evaluación financiera (Vargas-Jerez, Parra, & Reyes-Angarita, 2019).

Plan de mantenimiento de bombas centrífugas basado en toma de decisiones

El caso de estudio planteado en la investigación “Plan de mantenimiento de bombas centrífugas basado en la toma de decisiones multicriterio para aumentar su disponibilidad en Centro Comercial Real Plaza Cajamarca” se llevó a cabo una investigación cuantitativa de tipo aplicada, se trabajó con una muestra de 3 bombas centrífugas, se aplicó como técnica de recolección de datos el análisis documental, aplicando como instrumento la ficha de registro. Primero se evaluó el nivel de disponibilidad actual de las 3 bombas centrífugas, siendo del 82%, 87% y 83% respectivamente.

Como parte de las conclusiones se tomaron decisiones multicriterio aplicando la metodología de jerarquía AHP fue la disponibilidad con un 42.36%, criterio económico y medio ambiental con un 22.70% y criterio de personal con un 12.23%. La relación costo beneficio fue 55.4%, indicando que es altamente rentable para la empresa obteniendo un ahorro al año de S/. 6,945. Finalmente se realizó la simulación del plan de mantenimiento basado en la toma de

decisiones multicriterio donde se logró aumentar la disponibilidad de las 3 bombas centrífugas a un 97%, siendo el incremento para cada una de ellas del 15%, 10% y 14% (Armas-Lezma, 2023).

Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo

En el caso de estudio Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de confección y estampados de la empresa D'CHRISTIAN MARYURI en la ciudad de Ambato-Ecuador se evidenció de manera real los problemas existentes por la carencia de mantenimiento ya que la mayor cantidad de mantenimiento era correctivo sin planeación. La solución a este problema fue establecer un modelo operativo donde la evaluación de las máquinas se llevó a cabo por medio del modelo semi-cuantitativo de criticidad, evidenciando un estado semi-crítico y crítico de las máquinas, además de generar los formatos necesarios.

Como recomendación se menciona la reducción de las fallas, el aumento de producción, mejora en la calidad del producto, y desde luego un personal más capacitado, siendo un beneficio para la empresa D'CHRISTIAN MARYURI. La propuesta de este plan se debía aplicar en un plazo mediático, ya que ayudaría en la toma de decisiones de gerencia, contribuyendo a una mejora continua en cuanto a los equipos y lugar de trabajo (Cruz & Jiménez - Espín, 2018).

Diseño de plan de mantenimiento preventivo y correctivo programado

El proyecto de implementación Diseño de plan de mantenimiento preventivo y correctivo programado para equipos de remoción de tierra en la empresa Arismendy Andrade y Cía. Ltda inició desde la estructuración de una base para mejorar el mantenimiento en esta empresa. El mantenimiento correctivo planificado y no planificado fue fundamental para los registros de las fallas de los equipos, los cuales se orientarían a la reestructuración del plan de mantenimiento preventivo, y así prevenir que estas fallas se vuelvan a manifestar en un futuro.

Las características y los manuales de los equipos cumplieron parte fundamental orientadas en mantener, al igual también se llevaron registro de tiempos de paros de los equipos ante cualquier causa, ya fuera una falla o simplemente una actividad preventiva. Los registros de la información

del mantenimiento se llevaron entonces en un programa que ayudó a compilar la información del mantenimiento de estos equipos. Como conclusión a este proyecto, el programa ayudó a la información para calcular los costos de las fallas y para ajustar los planes de mantenimiento y así evitar paradas costosas de los equipos y aumentar su disponibilidad (Ávila-García & Escorcía-Yepes, 2012).

En conclusión, el estado del arte presentado proporciona una visión detallada y actualizada del panorama de investigación en la toma de decisiones de inversión a partir de la información de los activos físicos. A lo largo de este análisis, se ha explorado profundamente sobre la importancia de la información para poder tomar decisiones asertivas y obtener resultados satisfactorios.

Una de las principales contribuciones de este estado del arte radica en su capacidad para identificar las lagunas y áreas de oportunidad que requieren una mayor atención e investigación. Además, a través de este tema de investigación se puede lograr obtener un amplio espectro de oportunidades para reducir los riesgos de inversión y tomar decisiones asertivas basadas en datos reales con un bajo nivel de incertidumbre. En los casos de investigación se identifica como las decisiones de inversión presentan un alto grado de asertividad en la medida en que la fuente de información es de alta calidad, por lo que se visualizan los grandes beneficios que puede aportar a la industria del petróleo la implementación de procesos y procedimientos que garanticen una alta calidad en los datos empleados para la toma de decisiones de inversión.

Metodología

Para el análisis de información y diagnóstico, se seleccionará un campo de producción de petróleo. Estos activos son gestionados mediante el Sistema de Gestión de Mantenimiento *SAP-PM*, que permite el registro de eventos de fallas y desviaciones, facilitando así un seguimiento efectivo.

El proceso de diagnóstico implicará una meticulosa recolección y procesamiento de datos, los cuales serán posteriormente analizados y evaluados por un grupo de expertos. Este juicio de expertos tiene como objetivo determinar la calidad de los datos recopilados y su idoneidad para el análisis. Con la información obtenida de este diagnóstico, se desarrollará un estándar de procesos que garantice la calidad de los datos, abarcando toda la información técnica asociada a los activos físicos, lo que permitirá mejorar la integridad y fiabilidad de los registros (Marrero-Hernández, García-Fenton, Vilalta-Alonso, Martínez - Pérez, & Basile-Wilson, 2022).

Una vez establecido este estándar, se implementarán capacitaciones dirigidas a todo el personal operativo, asegurando que cada miembro del equipo esté familiarizado con los nuevos procedimientos y su importancia. Además, se instituirá un riguroso proceso de seguimiento y control, que incluirá auditorías periódicas y un análisis continuo de los resultados derivados de la toma de decisiones, lo que permitirá realizar ajustes y mejoras según sea necesario.

En la siguiente página se presentarán los estándares y normas de apoyo que servirán como base para este trabajo investigativo, contribuyendo así a una gestión más efectiva y sostenible de los activos.

Tabla 1.*Norma y estándares*

<i>No</i>	<i>Código</i>	<i>Título</i>
<i>1</i>	ISO 14224	Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural — recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos.
<i>2</i>	ISO 55001	<i>Asset management — Management systems – Requirements</i>
<i>3</i>	ISO/IEC 17000	<i>Conformity assessment — Vocabulary and general principles</i>
<i>4</i>	ISO/IEC 17021-1	<i>Conformity assessment - Requirements for bodies providing audit and certification of management systems.</i>
<i>5</i>	ISO/IEC TS 17021-5	<i>Conformity assessment — Requirements for bodies providing audit and certification of management systems — Part 5: Competence requirements for auditing and certification of asset management systems.</i>
<i>6</i>	ISO 31000	<i>Risk management — Guidelines</i>
<i>7</i>	ISO 17024:2012	<i>Conformity assessment — General requirements for bodies operating certification of persons</i>
<i>8</i>	ISO 15663-3	<i>Petroleum and natural gas industries-Life cycle costing</i>
<i>9</i>	UNE-EN 16646	Mantenimiento de la gestión de los activos físicos

Nota. Normas y estándares tomados como referencia para llevar a cabo el análisis de información y diagnóstico de la calidad de los avisos de fallas en los activos físicos de un campo de producción de petróleo (Catalán & Farfán, 2024).

Vargas et al afirma que la gerencia en el proceso de mantenimiento implica desarrollar sus funciones bajo cualquier sistema de dirección y mejorar diariamente sus indicadores con la introducción de nuevos conceptos técnico-organizativos y herramientas que eleven la disponibilidad industrial (Vargas-Vargas, Estupiñan-Díaz, & Díaz- Molina , 2017). Basados en eso, entiéndase importante contar con los siguientes recursos:

Tabla 2.*Recursos necesarios*

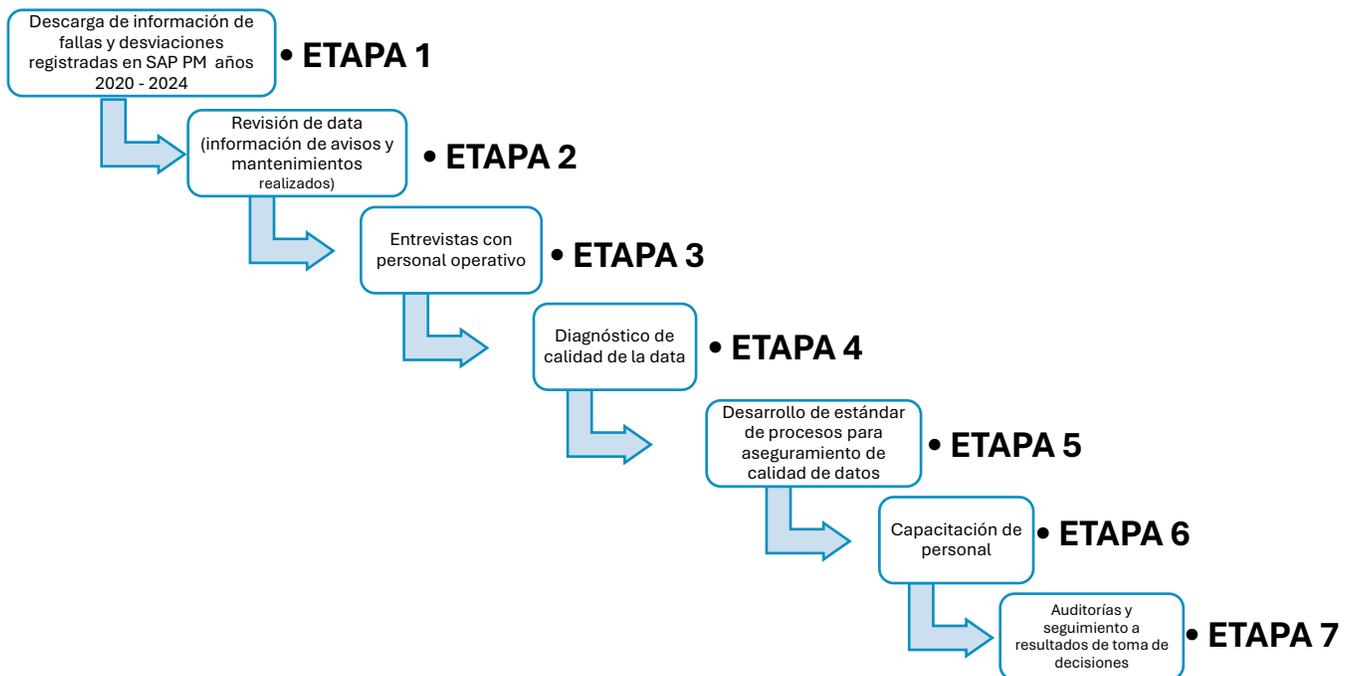
<i>Equipo Multidisciplinario</i>	Representantes de las áreas: TI, Gerencias Operación y Mantenimiento, Confiabilidad y Estrategia de Mantenimiento
<i>SAP PM</i>	Módulo del Sistema SAP diseñado para gestionar Mantenimiento de Plantas Industriales, sus siglas provienen de Plant Maintenance.
<i>Avisos de mantenimiento</i>	Los avisos sirven para reportar que un equipo ha presentado una falla, o que requiere acciones de mantenimiento para evitar una falla.

Nota. Recursos necesarios para llevar a cabo el análisis de información y diagnóstico de la calidad de los avisos de fallas en los activos físicos de un campo de producción de petróleo.

A continuación, se describen las etapas del proceso:

Figura 1.

Etapas del desarrollo de la investigación



Nota. Etapas en las que se llevó a cabo el análisis de información y diagnóstico de la calidad de los avisos de fallas en los activos físicos de un campo de producción de petróleo.

La recolección de datos es una inversión, la estandarización, cuando se combina con sistemas de gestión de datos mejorados que permiten la recolección y transferencia de datos electrónicamente, pueden dar como resultado la calidad mejorada de los datos para la confiabilidad y el mantenimiento (Marcano-Aular & Talavera-Pereira, 2007) . Pero para lograr esto se requiere de un estándar que haga posible la recolección y estandarización de los datos maestros relacionados

a familias de equipos, sistemas, subsistemas, ítems mantenibles (ISO 14224-Standards Norway, 2014).

Desarrollo

La calidad de los datos es una preocupación fundamental en la toma de decisiones y mucho más para la industria petrolera. Como se ha mencionado anteriormente, este es un tema crucial para este tipo de industrias. Marín enfatiza en la importancia de contar con estrategias que permitan garantizar la calidad de los datos para la toma de decisiones dado que, para invertir las organizaciones deben realizar las inversiones de manera muy segura (Marín-Benjumea, 2022).

En el desarrollo de esta monografía, se ha considerado esencial presentar un escenario claro que permita visualizar de manera clara la problemática, el proceso de ejecución, los resultados y las conclusiones obtenidas. Es sorprendente cómo este aspecto involucra a diversos niveles dentro de una organización, incluyendo directores, gerentes, supervisores, especialistas y personal técnico. La norma ISO 55000 con todas sus referencias indica la importancia de la participación de todos estos grupos de interés (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2015).

Es evidente que la falta de calidad en los datos tiene un impacto directo en la toma de decisiones de inversión, Marcano y Talavera señalan que la tarea por mejorar el acceso a la información está cobrando cada vez más fuerza, especialmente en los negocios actuales, donde se requiere principalmente de procesos basados en el recurso información, de manera automatizada y reutilizable. En ese orden de ideas, la calidad de los datos se hace muy relevante como soporte a la toma de decisiones empresariales, cualquier error en un estudio o análisis debido a la falta de aseguramiento correcto de la información puede llevar a interpretaciones incorrectas de la relación causa-efecto, comprometiendo así las decisiones de inversión (Marcano-Aular & Talavera-Pereira, 2007).

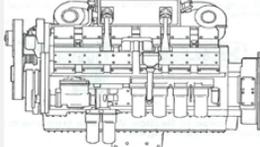
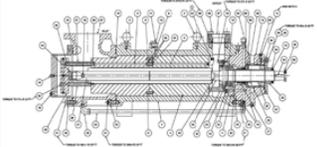
A continuación, se describe el análisis que realizaremos como parte de esta monografía, el enfoque de este trabajo está basado en reducir el grado de incertidumbre en los datos de información de los avisos de fallas para así tomar decisiones acertadas. Candelo y Gonzales mencionan que a las organizaciones les urge la reducción de la incertidumbre y para ello deberían tener herramientas que le permitan evaluar las variables que impactan en su rendimiento y señalan

que el tema de la incertidumbre ha sido estudiado y es de interés para los financieros y economistas (Candelo & Gonzáles-Campo, 2022).

Iniciamos mencionando que este análisis ha sido realizado para una planta o estación del sector Oil & Gas dedicada al transporte de hidrocarburo, esta planta cuenta con cuatro (4) equipos principales encargadas de realizar el rebombeo de hidrocarburo hacia otras facilidades, en la Figura 2 se muestran los detalles.

Figura 2.

Características técnicas de los activos físicos del sistema.

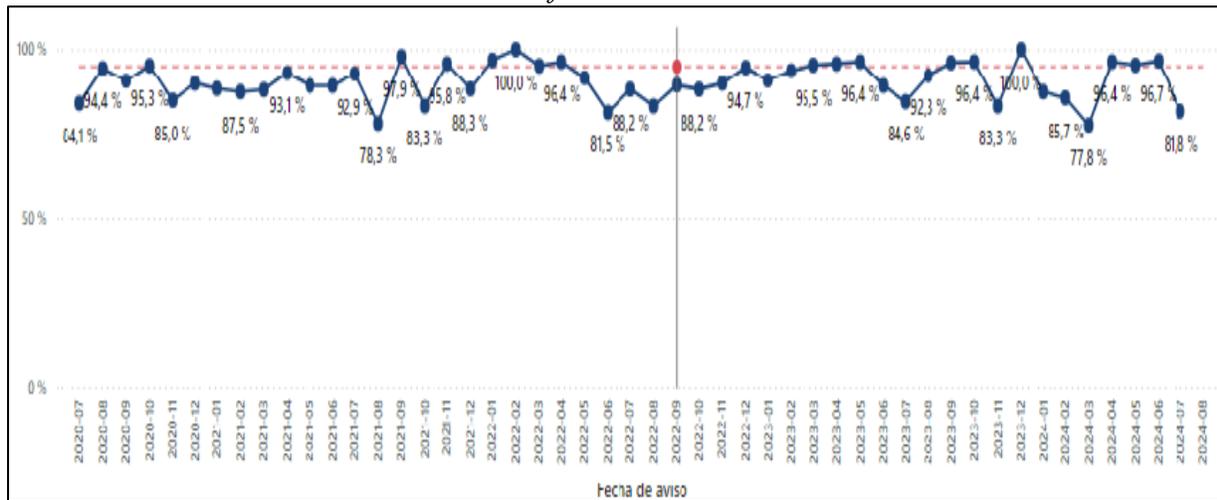
MCI				Bomba				
								
Fabricante: Cummins Modelo: KTA38P Potencia: 940 HP RPM: 1800 Combustible: Diésel				Fabricante: Sulzer Modelo: IMO 8L462 Capacidad: 1800 GPM RPM: 3560 Carga: 2000 FT				
Embrague mecánico								
Model Number	SAE Housing	Max. Input Torque Nm (lb-ft)		Maximum Safe Speed				Weight kg (lbs)
		Organic	Sintered	Solid Plates		Split Plates		
				Cast Drive Ring	Nodular Drive Ring	Cast Drive Ring	Nodular Drive Ring	
SP321P9	00	9132 (6730)	11398 (8400)	1800	N/A	1400	N/A	503 (1110)

Nota. Los equipos principales de bombeo están compuestos por un motor de combustión, embrague y bomba tipo tornillo (Catalán & Farfán, 2024)

Para este análisis en particular se tomará solo la data de los motores de combustión de estas unidades principales, la cual hace parte de la etapa 1 del alcance de este análisis. En primera instancia se descargaron los avisos de fallas de estos equipos con trazabilidad de los últimos 4 años, a través de las transacciones de Tx IW 28 y Tx IW 69 del software de gestión de mantenimiento *CMMS (SAP-PM)*; este proceso es uno de los más importantes y se logró evidenciar fluctuaciones en la información asociada al campo de parte objeto o ítem mantenible de estos avisos debido a la ausencia de este dato necesario para la completitud del 100% de los campos de los avisos de falla, lo que representa una gran dificultad para llevar a cabo un análisis concreto, esto se puede evidenciar en la siguiente figura:

Figura 3.

Tendencia de indicador de calidad de la información



Nota. Esta tendencia hace referencia al porcentaje de completitud de los campos de información de los avisos, donde se evidencia que no se tuvieron en cuenta todas las variables que son necesarias para asegurar una información con buena calidad (Catalán & Farfán, 2024).

Con el fin de asegurar la buena calidad de la información para luego poder tomar decisiones acertadas, se implementó el indicador de la calidad de la información para los avisos de fallas, teniendo en cuenta los estándares de gestión del mantenimiento según norma ISO 14224 (ISO 14224-Standards Norway, 2014). Para garantizar que los datos maestros cumplan con los estándares internacionales se procedió a desarrollar e implementar la hoja de vida de indicador de calidad de la información teniendo en cuenta varias variables de aceptación que garantizan la calidad de la información, este indicador ayudará a validar y confirmar la información correcta de los avisos de fallas, a continuación, se describe el alcance y formula para obtener este indicador.

Definiciones, Notas y supuestos de Hoja vida del indicador de Calidad de Dato

A continuación, se describen las definiciones, notas y supuestos a ser tenidos en cuenta en la hoja de vida del indicador de Calidad del Dato QD (*Date Quality*).

AE (Aviso Ejecutado): Mide la gestión del aviso una vez se ha corregido la falla o avería, se han ejecutado todas las medidas y se ha terminado la ejecución física del trabajo.

TE (Casilla texto explicativo): Mide que el aviso cuente con información detallada que describa las circunstancias y la falla encontrada.

PO (Casilla parte objeto): Mide que se haya documentado el campo con la información de la parte del equipo que presenta la falla o avería y sobre la cual es necesario realizar la actividad de mantenimiento.

No. avisos con diligenciamiento de la parte objeto usando el catálogo predeterminado: Cada aviso se evaluará con 0 puntos si el campo parte objeto no está diligenciado y 1 punto si la parte objeto seleccionada pertenece al catálogo del tipo de equipo que presentó la falla. Para medir este componente del indicador se toman los avisos donde aplique el campo en estado cerrado.

CF (Casilla causa): Mide que se haya diligenciado el campo con información del mecanismo que ha llevado a la falla o avería del equipo.

SA (Casilla Síntoma de Avería): Mide que se haya diligenciado el campo con información de si hubo avería del equipo.

No. avisos con diligenciamiento de la causa de falla usando el catálogo predeterminado: Cada aviso se evaluará con 0 puntos si el campo causa no está diligenciado, 0.5 puntos si el campo causa se encuentra diligenciado pero la opción seleccionada pertenece a un catálogo diferente al del tipo de aviso Y2 y 1 punto si la causa seleccionada pertenece al catálogo del tipo de aviso Y2. Para medir este componente del indicador se toman los avisos donde aplique el campo en estado cerrado (AC).

DL (Datos lineales): Mide que se encuentren documentados los datos de ubicación para las fallas o averías de activos lineales. Los campos objeto de medición son el punto de inicio, punto final y unidad de medida los cuales deben estar diligenciados en su totalidad. Para medir este componente del indicador se toman los avisos donde aplique el campo de activos lineales que estén en estado cerrado (AC).

RF (Relación entre la fecha de inicio de avería y la fecha del aviso): Evalúa que se haya ingresado la fecha y la hora en que se presentó o evidenció la falla o avería. Mide que la fecha de creación del aviso sea posterior a la fecha de inicio de la avería, esto busca que el aviso guarde una correlación en el tiempo que se presentan los eventos.

No. avisos con intervalo correcto entre fechas: Para los avisos que tengan una orden de trabajo de mantenimiento correctivo no planeado asociada, se evaluará que la fecha del aviso no exceda las ocho horas de ocurrida la falla. Para los demás avisos con orden diferentes a trabajos de mantenimiento correctivo no planeado, se evaluará que la fecha del aviso sea posterior a la de la ocurrencia de la falla.

FA (Fin de avería): Mide que se haya ingresado en el campo fin de avería la fecha y la hora en que se recuperó la condición esperada del equipo.

DP (Duración de la parada): Mide que cuando a causa de una falla se haya generado la parada inmediata o posterior del equipo se haya reportado la duración total de la misma en el campo determinado para tal fin. Se evalúa para los avisos en estado usuario Aviso Ejecutado (AVEJ).

RM (Reparación Mecánica): Mide el diligenciamiento adecuado de los hallazgos en campo de las reparaciones mecánica en cada uno de los campos adicionales propuestos en la posición del aviso.

Cálculo de Indicador de Calidad de la Información y hoja de vida

El indicador de calidad de la información permite medir la calidad y completitud de la información de avisos de falla o avería (Y2) del sistema de información de mantenimiento SAP-PM para los siguientes datos según aplique para cada tipo de aviso enunciado anteriormente.

Para determinar la cantidad de avisos que si cumplen con la calidad de la información requerida se desarrolló la siguiente ecuación (Catalán & Farfán, 2024).

$$\text{Avisos Documentación Calidad (CDA)} = \frac{\sum \text{Avisos Tipo Y2 con Calidad Aprobadas}}{\sum \text{Avisos Tipo Y2 creados y cerrados}}$$

Ecuación 1. Ecuación general de cumplimiento de documentación de avisos

Donde:

CDA = Calidad de documentación de avisos Y2 aprobados según aplique

Y2 = Avisos de fallas o averías

Para cumplir con la calidad aprobada se explica a continuación los campos a ser diligenciados en los avisos del Sistema de Gestión *SAP-PM*.

Para avisos Y2 de Estaciones aplicaran los siguientes campos: AE; TE; PO; CF; RF; FA; DP.

Por tanto,

$$CDA\% = AE + TE + PO + CF + RF + FA + DP$$

Dónde:

AE: Aviso Ejecutado

TE: Texto explicativo

PO: Parte objeto

CF: Causa de falla

RF: Fecha de inicio de avería, fecha del aviso y la relación entre estas fechas

FA: Fin de avería

DP: Duración de la parada

AC: Avisos cerrados

Nota. El porcentaje de cada campo de completitud va desde un 0% a 100% y luego se promedia.

Para determinar la sumatoria de cada uno de los campos de los avisos diligenciados desde el mes 1 a hasta el mes m del periodo evaluado se establecen las siguientes ecuaciones:

$$AE = \frac{1}{N} \left(\frac{\sum_{i=1}^m \text{No. avisos estado de sistema AC}}{\sum_{i=1}^m \text{No. avisos}} \right)$$

Ecuación 2. Ecuación de cumplimiento de avisos

Donde:

N= Cantidad de avisos.

Nota. La **Ecuación 2** se utilizada para el cálculo de los avisos tratados y cerrados a partir del total de los avisos creados a la fecha de corte.

$$TE = \frac{1}{N} \left(\frac{\sum_{i=1}^m \text{No. avisos con texto explicativo}}{\sum_{i=1}^m \text{No. avisos}} \right)$$

Ecuación 3. Ecuación de avisos con campos de texto explicativos

Nota. La **Ecuación 3** se utilizada para el cálculo de los avisos relacionados de textos explicativos a partir del total de los avisos creados a la fecha de corte.

$$PO = \frac{1}{N} \left(\frac{\sum_{i=1}^m \text{No. avisos con diligenciamiento de la parte objeto usando el catálogo predeterminado}}{\sum_{i=1}^m \text{No. avisos}} \right)$$

Ecuación 4. Ecuación de avisos con campos de parte objetos

Nota. La **Ecuación 4** se utilizada para el cálculo de los avisos relacionados con campos de parte objetos a partir del total de los avisos creados a la fecha de corte.

$$CF = \frac{1}{N} \left(\frac{\sum_{i=1}^m \text{No. avisos con diligenciamiento de la causa de falla usando el catálogo predeterminado}}{\sum_{i=1}^m \text{No. avisos}} \right)$$

Ecuación 5. Ecuación de avisos con campos de causas de fallas

Nota. La **Ecuación 5** se utilizada para el cálculo de los avisos relacionados con campos de causas de fallas a partir del total de los avisos creados a la fecha de corte.

$$SA = \frac{1}{N} \left(\frac{\sum_{i=1}^m \text{No. avisos con diligenciamiento del Sintoma de Avería}}{\sum_{i=1}^m \text{No. avisos}} \right)$$

Ecuación 6. Ecuación de avisos con campos de sintoma de avería

Nota. La **Ecuación 6** se utilizada para el cálculo de los avisos relacionados con campos de síntomas de avería a partir del total de los avisos creados a la fecha de corte.

$$RF = \frac{1}{N} \left(\frac{\sum_{i=1}^m \text{No. avisos con intervalo coherente entre fechas de aviso e inicio de avería}}{\sum_{i=1}^m \text{No. avisos}} \right)$$

Ecuación 7. Ecuación de avisos con relación de fechas de avisos e inicio de avería

Nota. La **Ecuación 7** se utilizada para el cálculo de los avisos relacionados con fechas de avisos e inicio de avería a partir del total de los avisos creados a la fecha de corte.

$$FA = \frac{1}{N} \left(\frac{\sum_{i=1}^m \text{No. avisos con fin de avería}}{\sum_{i=1}^m \text{No. avisos}} \right)$$

Ecuación 8. Ecuación de avisos con fin de averías relacionados

Nota. La **Ecuación 8** se utilizada para el cálculo de los avisos con fin de averías a partir del total de los avisos creados a la fecha de corte.

$$DP = \frac{1}{N} \left(\frac{\sum_{i=1}^m \text{No. avisos que causaron paradas con el campo duración diligenciado}}{\sum_{i=1}^m \text{No. avisos que causaron paradas}} \right)$$

Ecuación 9. Ecuación de avisos con referencias de campo de duración de paradas

Nota. La **Ecuación 9** se utilizada para el cálculo de los avisos relacionados con referencias de campo de duración de paradas a partir del total de los avisos creados a la fecha de corte.

Metas y objetivos del Indicador de Calidad de Dato

Al final la fórmula de cálculo de este indicador se establecieron metas de cumplimiento dadas en términos de porcentajes, esto con el fin para garantizar la efectividad y calidad de toda la información y poder de esta manera garantizar la toma de decisiones de inversión.

A continuación, se referencian las metas de cumplimiento de este indicador (Catalán & Farfán, 2024).

Figura 4.

Parámetros de cumplimiento del indicador calidad de la información

Cumplimiento	Formula:	$\% \text{ cumplimiento} = \frac{\text{Real}}{\text{Meta}} \times 100$		Meta:	Real: 95%
					Cumplimiento: 95%
	Rojo	Amarillo	Verde	Azul	
	< 85,5%	>= 85,5% < 95,0%	>= 95,0% < 100,0%	>= 100,0%	

Nota. Parámetros de desviación y cumplimiento del Indicador de calidad de la información (Catalán & Farfán, 2024).

Aseguramiento de la calidad del dato a través del indicador

Tras la implementación de este indicador, se verificó que toda la información registrada cumpliera con los estándares de completitud y calidad. Al realizar un balance del comportamiento del indicador, se observó un incremento significativo en el cumplimiento de los criterios de calidad, lo que garantiza una toma de decisiones más acertada y reduce el nivel de incertidumbre (Marcano-Aular & Talavera-Pereira, 2007).

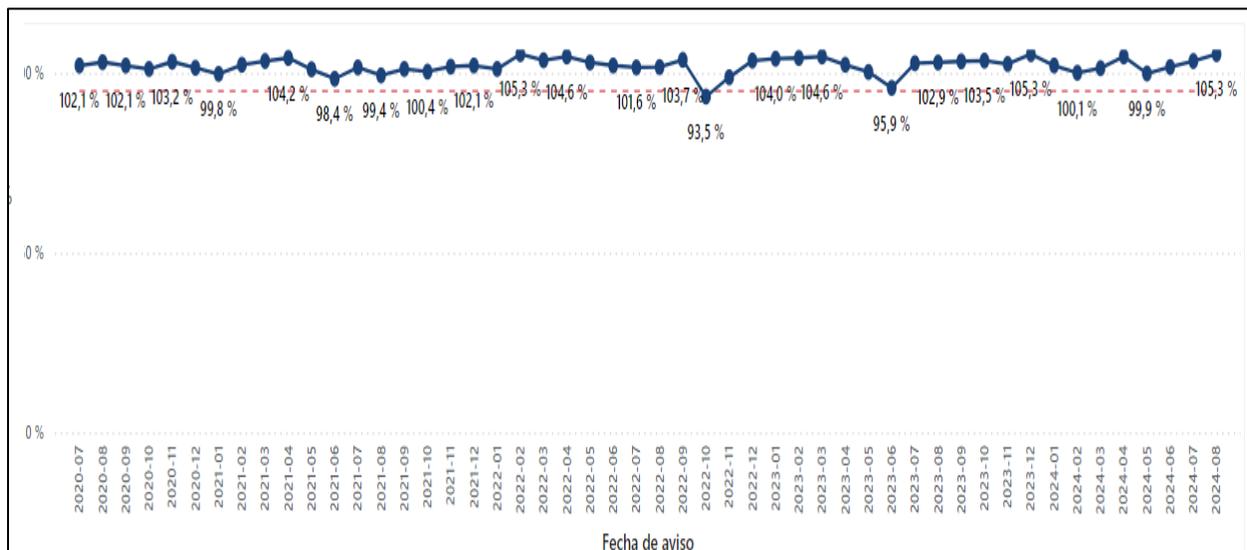
Este indicador fue fundamental en un contexto donde la falta de datos confiables había generado desafíos en la gestión del mantenimiento. El proceso de implementación involucró la capacitación del personal y la optimización de los flujos de trabajo, asegurando así la colaboración de todos los equipos.

Como resultado de esta implementación y de las buenas prácticas en la gestión del mantenimiento, se evidenció una variación positiva, tal como se ilustra en la Figura 5, que muestra los resultados satisfactorios de la aplicación del indicador de calidad de la información en los avisos de falla (Vargas-Vargas, Estupiñan-Díaz, & Díaz- Molina , 2017). Además, esta mejora ha contribuido a aumentar la eficiencia operativa y ha fortalecido el conocimiento del equipo, al facilitar una comunicación más clara y efectiva.

De cara al futuro, se espera que esta experiencia sirva como base para desarrollar nuevos indicadores que continúen mejorando la calidad y la efectividad de la gestión del mantenimiento y así poder impulsar a las pequeñas, medianas y grandes organizaciones en tomar decisiones de inversión de manera acertada.

Figura 5.

Tendencia del indicador de calidad de la información posteriormente



Nota. Gráfico de tendencia relacionado al cumplimiento de la calidad de los avisos garantiza asertividad (Catalán & Farfán, 2024).

Capacitación del personal

La capacitación del personal fue fundamental para garantizar la calidad de la información y esencial para asegurar que todos los colaboradores comprendieran la importancia de manejar

datos precisos y confiables (Vilata-Alonso & Espinosa-Álvarez , 2008). Esta formación abarcó:

1. **Conceptos Básicos de Calidad de Datos:** introducción a la calidad de datos, incluyendo precisión, integridad y consistencia.
2. **Procedimientos de Registro de Datos:** Métodos para registrar y verificar datos, asegurando que la información sea precisa desde el inicio.
3. **Impacto en la Toma de Decisiones:** Discusión sobre cómo la calidad de los datos afecta las decisiones organizacionales y la efectividad de las operaciones.

Importancia del aseguramiento de la calidad del dato

Al garantizar la calidad de la información de los avisos se logran identificar las siguientes ventajas para un análisis de confiabilidad:

- ✓ Permite contar con históricos fiables de datos de fallas
- ✓ Ayuda a reducir el retrabajo y las actividades repetitivas
- ✓ Permite agilizar los procesos de planeación y programación
- ✓ Permite agilizar los procesos de logística, por temas de compra de materiales
- ✓ Permite realizar análisis de confiabilidad para toma de decisiones de por medio de las siguientes metodologías: Malos actores, eliminación de defectos, análisis de confiabilidad, medición de indicadores de gestión, modelamiento RAM y realizar algoritmos de predicción de fallas.

Análisis de los datos de información

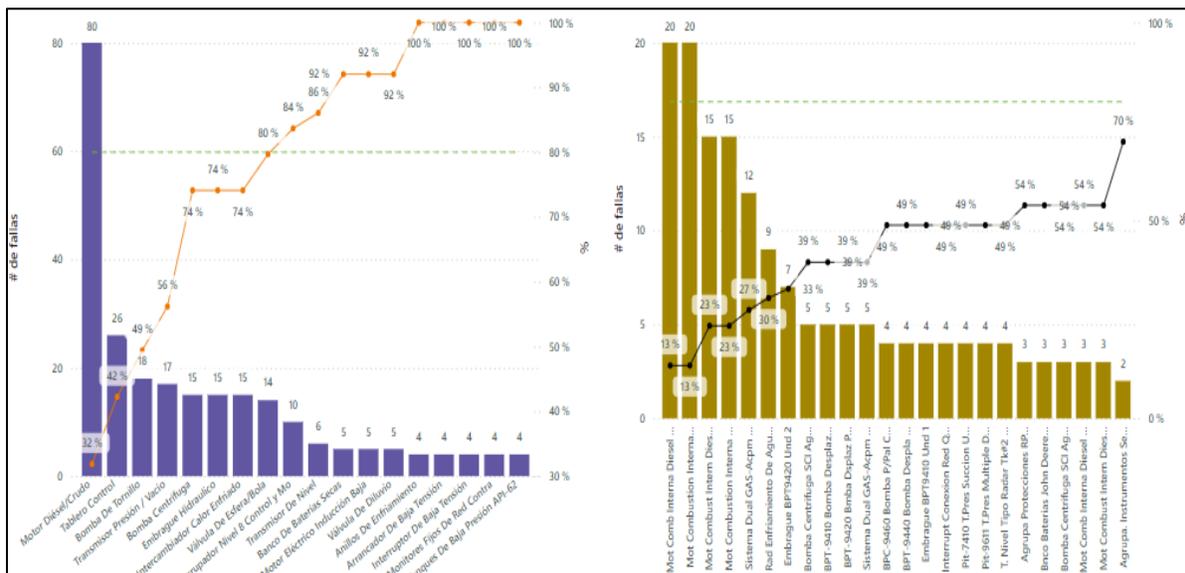
Una vez ya teniendo certeza de la calidad de los datos de información relacionados a los avisos se inició con la revisión detallada de las afectaciones teniendo en cuenta los campos

relacionados en los avisos y que a su vez cumplen con los estándares de la norma ISO 14224 (ISO 14224-Standards Norway, 2014).

Del análisis de la información se logró evidenciar que la clase/tipo de equipos con mayor tasa de fallas o mal actor para esta planta de transporte de hidrocarburo estaba relacionado con los motores de combustión Diesel de las unidades principales, siendo muy acertada la información para así entender los modos de fallas, causas e Ítem mantenibles relacionado con los eventos de fallas, tal como se muestra en la **Figura 6.Diagrama**

Figura 6.

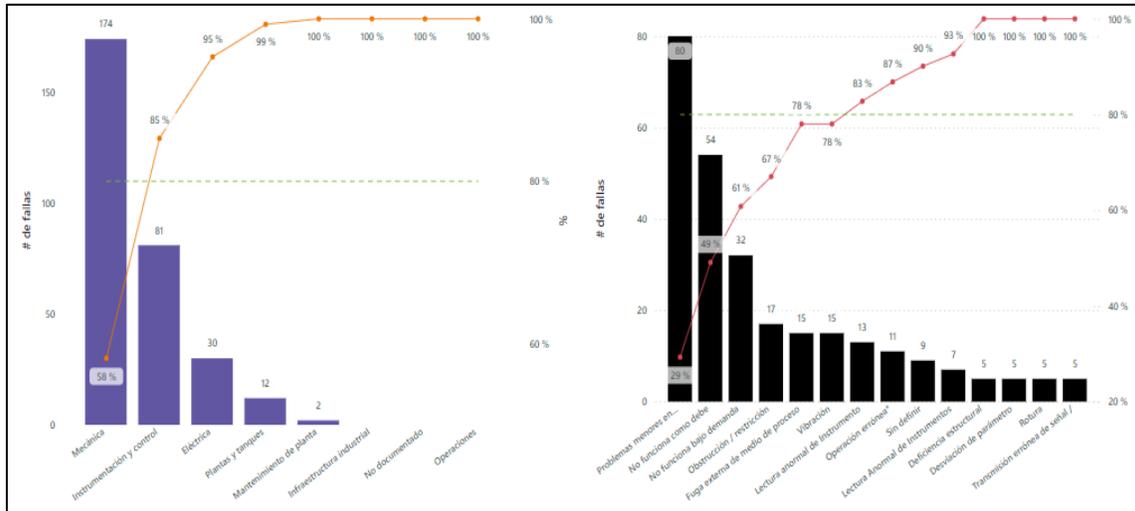
Diagrama Pareto de los malos actores de la estación



Nota. Estos diagramas representan la clase/ tipos de equipos con mayor tasa de fallos de los motores de combustión Diesel siendo la familia con mayor indicación de fallos (Catalán & Farfán, 2024).

Figura 7.

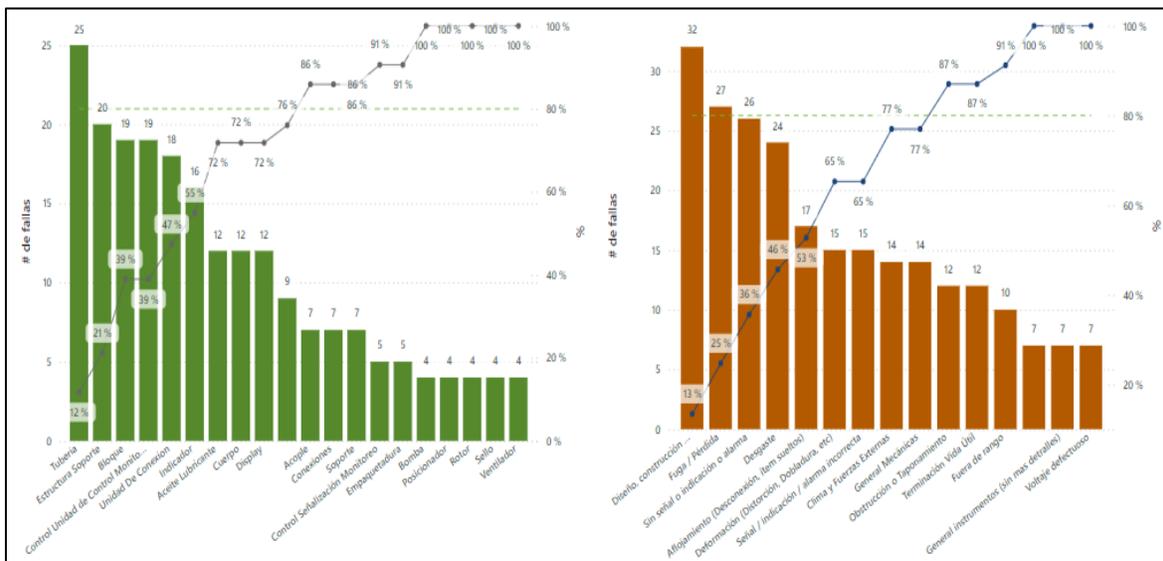
Diagrama Pareto de los malos actores por especialidad y modos de falla.



Nota. Con el aseguramiento de la calidad del dato ya se logran evidenciar los modos de fallas y la especialidad con mayor número de afectación en los equipos (Catalán & Farfán, 2024), (ISO 14224-Standards Norway, 2014).

Figura 8.

Diagrama Pareto de los malos actores por ítem mantenibles y causas



Nota. Con el aseguramiento de la calidad del dato ya se logran evidenciar los ítems mantenibles y las causas de fallas más recurrentes para la familia de equipos motores Diesel (Catalán & Farfán,

2024), (ISO 14224-Standards Norway, 2014).

Se considera que la información obtenida es suficiente para tomar decisiones con el fin de mejorar la confiabilidad de los activos, garantizar la disponibilidad de los sistemas y lograr obtener resultados que ayuden a mejorar la productividad; sin embargo, considerando que es muy importante establecer un análisis mucho más detallado de las afectaciones procederemos a analizar todo esta data utilizando distribuciones estadísticas que permitan enriquecer los resultados para la toma de decisiones de inversión.

Análisis de los datos de información utilizando distribución estadística (Weibull)

La distribución Weibull es una herramienta estadística muy valiosa en el análisis de la confiabilidad, esta tiene una capacidad para modelar diferentes tipos de comportamientos de fallas y la hacen especialmente útil en el ámbito de la gestión de activos y especialmente en la toma de decisiones (Mora, 2009) (Tasama-V, Gómez-Estrada, & Holguín-L, 2009).

A continuación, se describen los parámetros de análisis de fallas utilizando esta distribución estadística.

Figura 9.

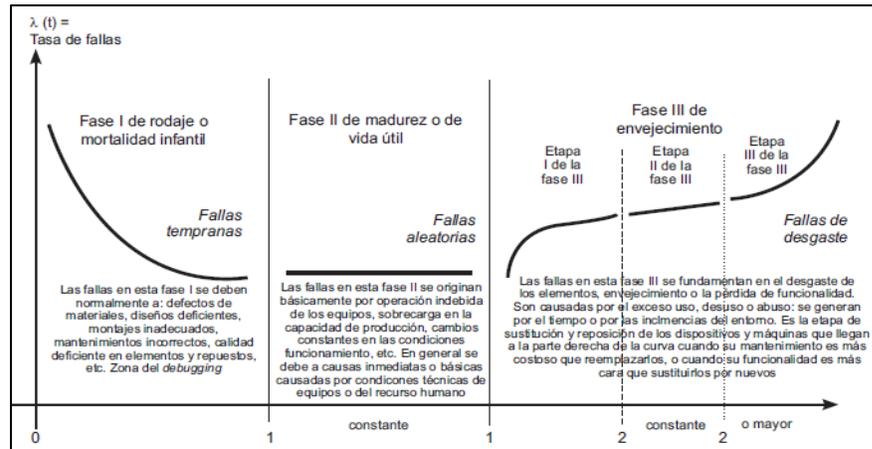
Banda de aplicabilidad de la distribución Weibull para tasa de fallas



Nota. Denota en que etapa del ciclo de vida se encuentra un activo considerando los datos de fallas (Mora, 2009), (Mora Gutiérrez, 2024)

Figura 10.

Banda de aplicabilidad de la distribución Weibull para tasa de fallas



Nota. Describe las etapas del ciclo de vida se encuentra el activo teniendo en cuenta su comportamiento (Mora, 2009).

Por tal motivo se considera muy importante en este estudio el análisis de la confiabilidad de estos cuatro equipos principales (Unidad A, Unidad B, Unidad C y Unidad D) utilizando esta distribución estadística, lo cual, nos permitió entender el comportamiento de estos.

A continuación, el análisis realizado.

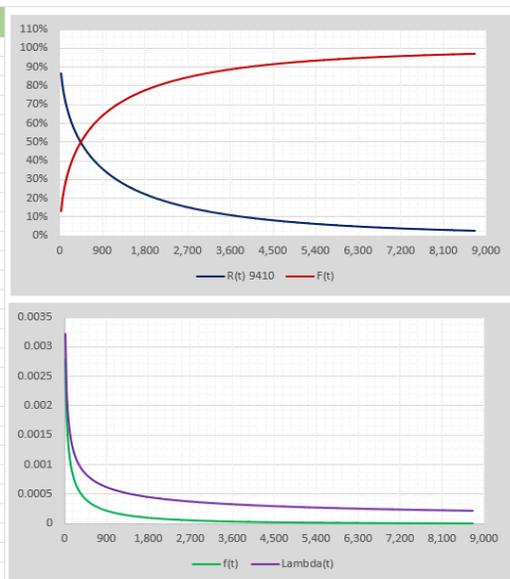
Motor de combustión unidad A

Tabla 3.

Análisis de confiabilidad unidad A con distribución Weibull

Orden	Fecha de falla	tiempo Operación	ti (MTBF)	ln(ti)	RM = F(t)	X = ln(t)	Y = ln(-ln R)	Beta	Eta
1	4/01/2018 6:00	78.0	39.7	3.6817	0.0747	3.6817	-2.5555	0.5481	856.9080
2	19/11/2018 9:03	7,659.0	49.2	3.8950	0.1322	3.8950	-1.9535	3.7018	
3	25/11/2018 5:54	140.8	60.0	4.0947	0.1897	4.0947	-1.5592		
4	5/08/2019 2:05	6,068.2	78.0	4.3569	0.2471	4.3569	-1.2593		
5	15/02/2020 7:12	4,661.1	117.9	4.7694	0.3046	4.7694	-1.0126		
6	14/07/2020 10:56	3,603.7	140.8	4.9476	0.3621	4.9476	-0.7996		
7	19/07/2020 8:47	117.9	594.3	6.3874	0.4195	6.3874	-0.6089		
8	23/08/2020 8:30	839.7	775.8	6.6538	0.4770	6.6538	-0.4336		
9	25/08/2020 20:31	60.0	839.7	6.7331	0.5345	6.7331	-0.2684		
10	19/09/2020 14:50	594.3	1,015.9	6.9235	0.5920	6.9235	-0.1094		
11	21/10/2020 22:36	775.8	1,039.0	6.9460	0.6494	6.9460	0.0471		
12	3/12/2020 6:31	1,015.9	3,603.7	8.1897	0.7069	8.1897	0.2048		
13	15/01/2021 13:30	1,039.0	4,661.1	8.4470	0.7644	8.4470	0.3684		
14	17/01/2021 14:39	49.2	6,068.2	8.7108	0.8218	8.7108	0.5453		
15	19/01/2021 6:22	39.7	6,099.5	8.7160	0.8793	8.7160	0.7488		
16	26/10/2021 3:30	6,717.1	6,717.1	8.8124	0.9368	8.8124	1.0157		
17	7/07/2022 7:00	6,099.5	7,659.0	8.9436	0.9943	8.9436	1.6408		

Tiempo (t)	R(t) 9410	f(t)	Lambda(t)	F(t)
24	87%	0.002794986	0.003217867	13%
48	81%	0.00191459	0.002352587	19%
72	77%	0.001514397	0.001958744	23%
96	74%	0.001272624	0.00171998	26%
120	71%	0.001106342	0.001555013	29%
144	69%	0.000983042	0.001432041	31%
168	66%	0.000886985	0.001335688	34%
192	64%	0.000809489	0.00125748	36%
216	63%	0.000745315	0.001192305	37%
240	61%	0.000691087	0.001136872	39%
264	59%	0.000644518	0.00108895	41%
288	58%	0.000603995	0.001046967	42%
312	56%	0.000568343	0.001009777	44%
336	55%	0.000536685	0.000976523	45%
360	54%	0.000508348	0.00094655	46%
384	53%	0.000482807	0.000919345	47%
408	51%	0.000459648	0.000894503	49%
432	50%	0.000438537	0.000871696	50%
456	49%	0.0004192	0.000850658	51%
480	48%	0.000401414	0.000831169	52%
504	47%	0.00038499	0.000813045	53%
528	46%	0.000369773	0.000796133	54%
552	46%	0.000355629	0.000780301	54%
576	45%	0.000342445	0.000765439	55%
600	44%	0.000330123	0.000751449	56%
624	43%	0.000318578	0.000738249	57%
648	42%	0.000307738	0.000725767	58%
672	42%	0.000297537	0.000713938	58%
696	41%	0.00028792	0.000702706	59%
720	40%	0.000278838	0.000692024	60%



Nota. Análisis de confiabilidad del motor de combustión de la Unidad A mediante distribución estadística Weibull (Catalán & Farfán, 2024).

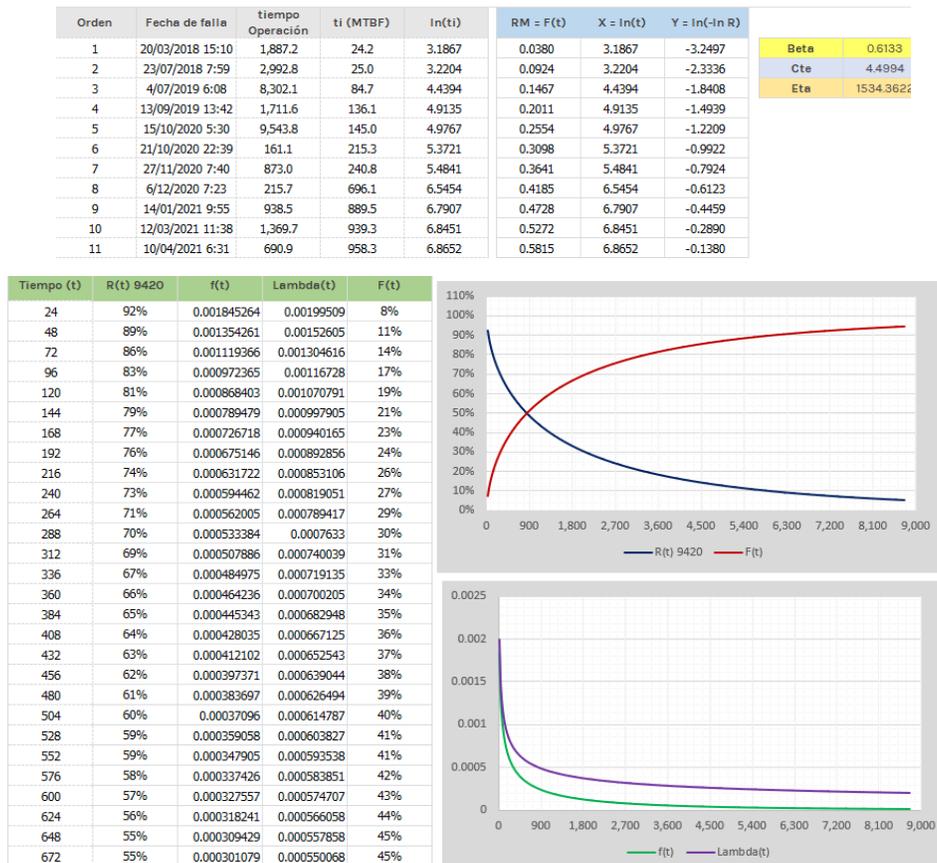
Los resultados de este análisis estadístico realizado para la unidad A, muestran un parámetro de forma $\beta < 1$ (BETA) lo cual indica eventos prematuros dentro de su ciclo de vida (Mora, 2009), lo cual pueden estar relacionado a temas de diseños insuficientes y condiciones operativas no adecuadas. Además, se observa que el $H = 856.9$ (ETA) parámetro de escala, lo que

podría estar indicando un MTBF superior a un mes. También se observa que la confiabilidad máxima de este equipo es del $R(t) = 87\%$ en 24 Hrs, por encima de estas horas de trabajo la confiabilidad disminuye.

Motor de combustión Unidad B

Tabla 4.

Análisis de confiabilidad unidad B con distribución Weibull



Nota. Análisis de confiabilidad motor de combustión de Unidad B mediante distribución estadística Weibull (Catalán & Farfán, 2024).

Los resultados de este análisis estadístico realizado para la unidad B, muestran un parámetro de forma $\beta < 1$ (BETA) lo cual indica eventos prematuros dentro de su ciclo de vida, lo cual pueden estar relacionado a temas de diseños insuficientes y condiciones operativas no adecuadas (Mora, 2009). Además, se observa que el $H = 1534.3$ (ETA) parámetro de escala, lo que podría estar indicando un MTBF superior a dos meses. También se observa que la confiabilidad

máxima de este equipo es del $R(t) = 92\%$ en 24 Hrs, por encima de estas horas de trabajo la confiabilidad disminuye debido a la tasa de fallas.

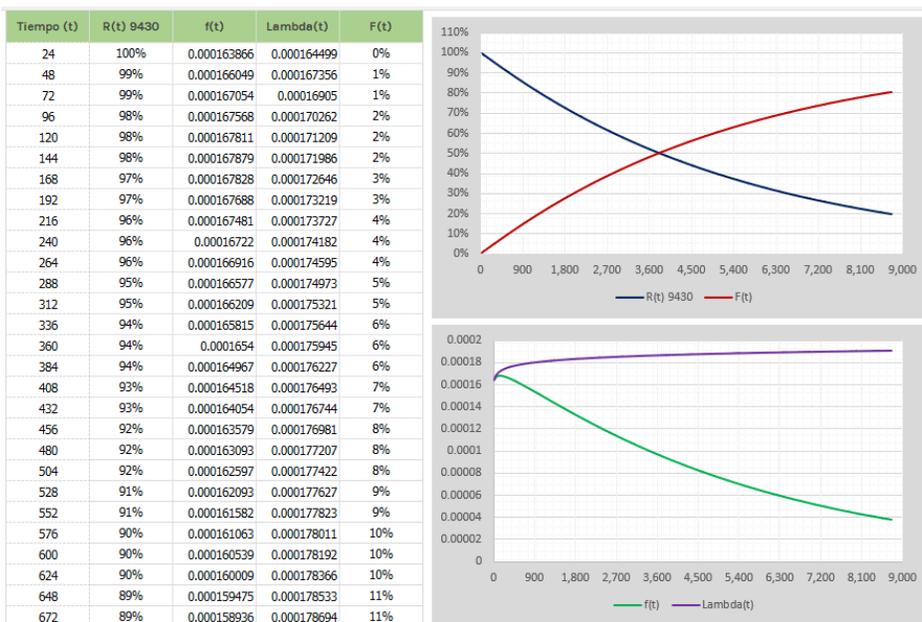
Motor de combustión Unidad C

Tabla 5.

Análisis de confiabilidad unidad C con distribución Weibull

Orden	Fecha de falla	tiempo Operación	ti (MTBF)	ln(ti)	RM = F(t)	X = ln(t)	Y = ln(-ln R)
1	11/09/2019 11:08	14,843.1	431.7	6.0678	0.0833	6.0678	-2.4417
2	15/02/2020 7:05	3,763.9	1,918.8	7.5595	0.2024	7.5595	-1.4867
3	22/06/2020 6:42	3,071.6	3,071.6	8.0300	0.3214	8.0300	-0.9474
4	10/07/2020 6:25	431.7	3,650.8	8.2027	0.4405	8.2027	-0.5436
5	28/04/2021 7:30	7,009.1	3,763.9	8.2332	0.5595	8.2332	-0.1986
6	17/07/2021 6:17	1,918.8	3,839.2	8.2530	0.6786	8.2530	0.1266
7	24/12/2021 5:30	3,839.2	7,009.1	8.8550	0.7976	8.8550	0.4685
8	25/05/2022 8:15	3,650.8	14,843.1	9.6053	0.9167	9.6053	0.9102

Beta	1.0248
Cte	8.8161
Eta	5444.7216



Nota. Análisis de confiabilidad del motor de combustión de la Unidad C mediante distribución estadística Weibull (Catalán & Farfán, 2024).

Los resultados para la unidad C muestran un comportamiento más estable en términos de confiabilidad, lo cual estarían indicando que están pasando a una etapa de desgaste normal o aleatoria, por otra parte, se observa un parámetro de forma $\beta >= 1$ (BETA) lo cual indica eventos aleatorios dentro de su ciclo de vida, lo cual pueden estar relacionado a temas desgastes normales de trabajo (Mora, 2009). Además, se observa que el $H = 5544.7$ (ETA) parámetro de escala, lo que podría estar indicando un MTBF superior a 7 meses. También se observa una muy buena

confiabilidad, este equipo muestra una confiabilidad del 88% en mes, lo cual estaría indicando hasta el momento uno de los equipos más estables de este sistema.

Motor de combustión unidad D

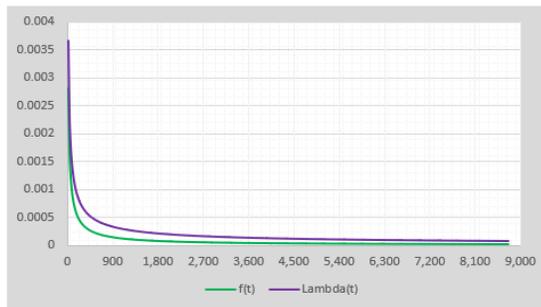
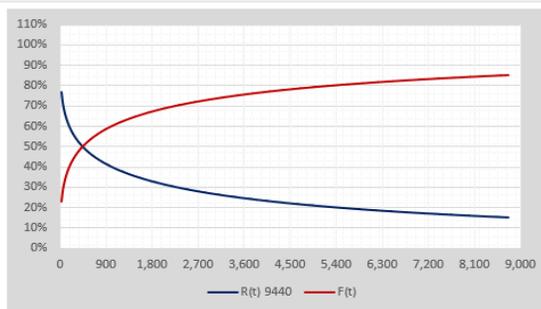
Tabla 6.

Análisis de confiabilidad unidad D con distribución Weibull

Orden	Fecha de falla	tiempo Operación	ti (MTBF)	ln(ti)	RM = F(t)	X = ln(t)	Y = ln(-ln R)
1	1/07/2020 1:20	21,889.3	0.2	-1.6150	0.0455	-1.6150	-3.0679
2	8/08/2020 7:50	918.5	0.3	-1.1534	0.1104	-1.1534	-2.1458
3	8/08/2020 8:01	0.2	42.4	3.7460	0.1753	3.7460	-1.6463
4	10/08/2020 6:45	46.7	46.7	3.8444	0.2403	3.8444	-1.2918
5	10/08/2020 7:04	0.3	73.0	4.2898	0.3052	4.2898	-1.0103
6	25/08/2020 23:26	376.4	376.4	5.9306	0.3701	5.9306	-0.7717
7	26/11/2020 18:41	2,227.2	380.7	5.9419	0.4351	5.9419	-0.5603
8	29/11/2020 19:38	73.0	895.0	6.7968	0.5000	6.7968	-0.3665

Beta	0.3358
Cte	2.4098
Eta	1307.4818

Tiempo (t)	R(t) 9440	f(t)	Lambda(t)	F(t)
24	77%	0.002814538	0.003654545	23%
48	72%	0.001658602	0.002306202	28%
72	69%	0.001207549	0.001761742	31%
96	66%	0.000960031	0.00145533	34%
120	64%	0.00080142	0.001254863	36%
144	62%	0.000690199	0.001111748	38%
168	61%	0.00060745	0.001003557	39%
192	59%	0.000543242	0.000918386	41%
216	58%	0.000491835	0.000849281	42%
240	57%	0.00044966	0.000791882	43%
264	56%	0.000414379	0.000743307	44%
288	55%	0.000384393	0.000701569	45%
312	54%	0.000358565	0.000665246	46%
336	53%	0.000336069	0.000633295	47%
360	52%	0.000316284	0.00060493	48%
384	52%	0.000298738	0.000579548	48%
408	51%	0.000283064	0.000556676	49%
432	50%	0.00026897	0.000535939	50%
456	50%	0.000256226	0.000517035	50%
480	49%	0.000244641	0.000499717	51%
504	48%	0.000234063	0.000483783	52%
528	48%	0.000224362	0.000469064	52%
552	47%	0.000215432	0.000455418	53%
576	47%	0.000207183	0.000442725	53%
600	46%	0.000199538	0.000430883	54%
624	46%	0.000192433	0.000419804	54%
648	45%	0.000185812	0.000409412	55%
672	45%	0.000179625	0.000399641	55%



Nota. Análisis de confiabilidad del motor de combustión de la Unidad D mediante distribución estadística Weibull (Catalán & Farfán, 2024).

Los resultados de este análisis estadístico realizado para la unidad D, demostró ser la unidad menos confiable, los datos demuestran un parámetro de forma $\beta < 0,5$ (BETA) lo cual indica eventos prematuros que no permiten el funcionamiento adecuado del equipo (Mora, 2009).

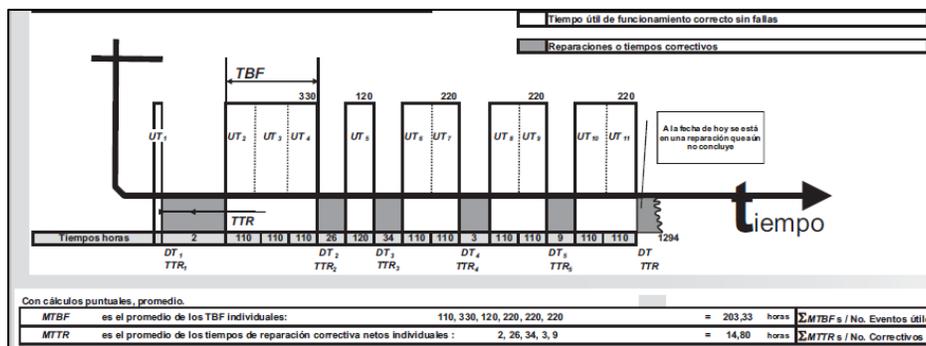
El MTBF un indicador importante para el análisis de confiabilidad de los equipos principales (A, B, C y D)

La literatura encontrada en el autor Tasama y otros, enuncian que es muy vital conocer las características y el estado de una máquina con el fin de anticipar una falla y con ello prever daños y pérdidas. Consideran que se debe llevar un registro de fallas y tiempos de mantenimiento para realizar un análisis de confiabilidad de manera correcta evitando así posibles fallas potenciales en un componente o equipo de cualquier sistema (Tasama-V, Gómez-Estrada, & Holguín-L, 2009), esta es una de las premisas importantes de esta investigación.

Mora, explica los criterios importantes para el análisis de confiabilidad utilizando distribuciones estadísticas, también el uso de indicadores tales como: MTBF y MTTR (Mora, 2009).

Figura 11.

Forma de Interpretación de Indicadores MTBF y MTTR.



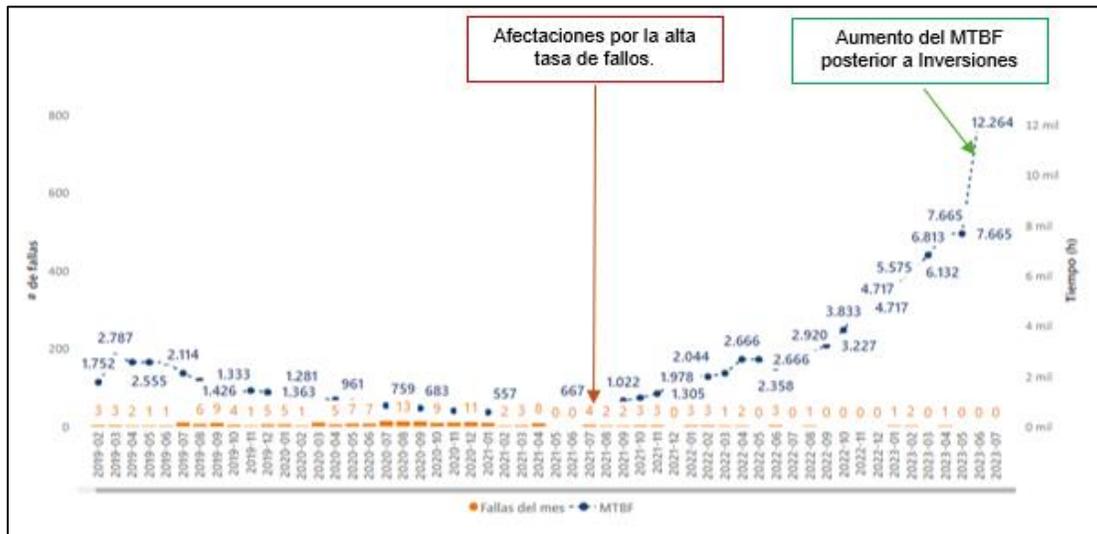
Nota. Representación para el entendimiento de los indicadores MTBF, MTTR (Mora, 2009).

Para esta investigación también se ha considerado la revisión del MTBF (Tiempo Medio entre fallas) como uno de los indicadores importantes en la toma de decisiones de inversión en los 4 equipos principales. Previo a implementación de decisiones de inversión se observa una caída del indicador, y posterior a la implementación de mejoras resultado de la inversión se observa comportamiento positivo de este indicador, reflejándose una disminución en la tasa de fallos

mejorando la confiabilidad. A continuación, se muestra el comportamiento del MTBF posterior a decisiones de inversión.

Figura 12.

Tendencia del Tiempo Medio entre Fallas de los equipos principales



Nota. Análisis de confiabilidad de los equipos principales A, B, C y D a través del comportamiento del indicador del MTBF, basados en un historial de fallas y comportamiento de 4 años (Catalán & Farfán, 2024).

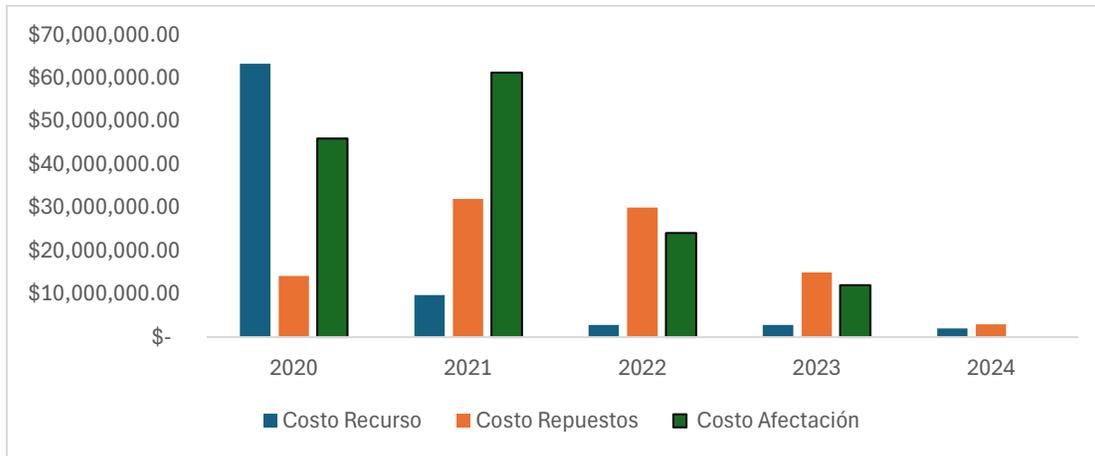
La Figura anterior muestra la importancia de la inversión, basada en los datos y resultados obtenidos tras la implementación de mejoras. Esto ha permitido reducir el riesgo y las afectaciones económicas, logrando resultados satisfactorios y disminución de la incertidumbre en la organización. Esto concuerda con lo mencionado por Cándelo (Candelo & Gonzáles-Campo, 2022).

Costos relacionados, Inversión y Beneficios

Como parte de este análisis investigativo se realiza revisión de los costos de mantenimiento correctivo relacionado a los equipos principales A, B, C y D.

Figura 13.

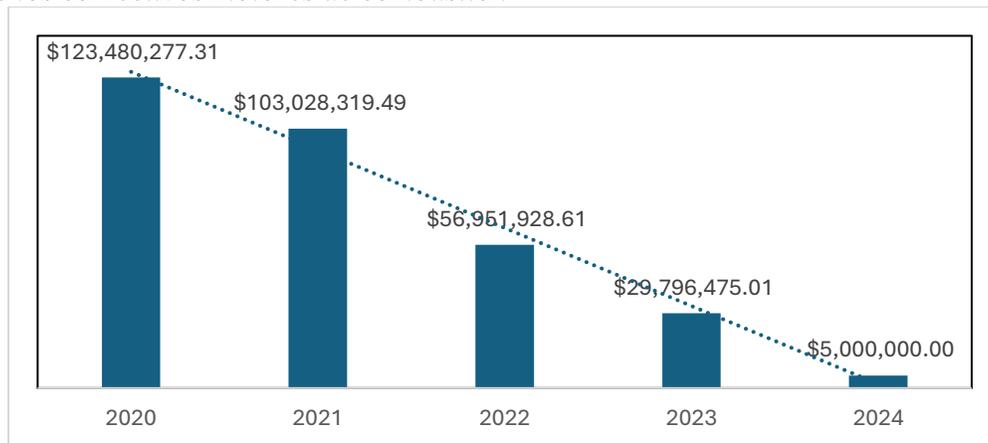
Costos asociados a correctivos de los motores de combustión.



Nota. Costos detallados del mantenimiento correctivo de los últimos 4 años por efecto de las fallas relacionadas oscilaciones en las RPM’s de los motores de combustión A,B,C y D (Catalán & Farfán, 2024).

Figura 14.

Costos de los correctivos motores de combustión



Nota. Costos anualizados del mantenimiento correctivo de los últimos 4 años por efecto de las fallas relacionadas oscilaciones en las RPM’s de los motores de combustión A,B,C y D (Catalán & Farfán, 2024).

En relación con los costos de mantenimiento derivados de las fallas en los motores de combustión en estudio, se ha evidenciado que, tras identificar el problema recurrente y realizar los

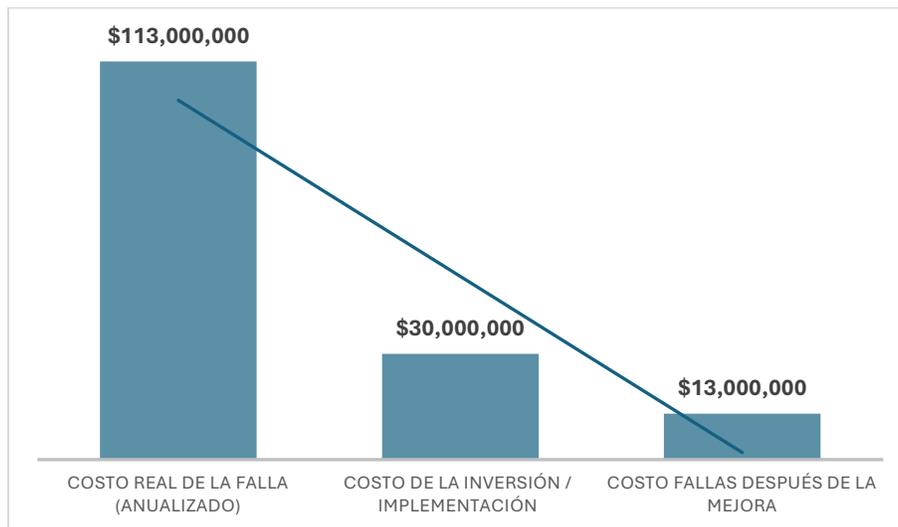
análisis pertinentes, se llevaron a cabo maniobras de inversión basadas en la información de los costos. Esto ha permitido constatar los beneficios de la inversión, considerando todo el estudio realizado. Además, se evaluó la viabilidad de los recursos económicos, utilizando indicadores financieros para determinar la aceptación del proyecto orientado en mejorar la ingeniería de suministro de combustible hacia a los motores.

Rebollar y otros consideran de suma importancia la utilización de indicadores financieros tales como: TIR, VAN para para evaluar la eficiencia económica y la toma de decisiones de inversión para un proyecto (Rebollar-Rebollar , Posadas-Domínguez, Rebollar-Rebollar, Hernández-Martínez, & González-Razo, 2020).

Por lo tanto, se consideran importantes los detalles de inversión para este análisis. Inicialmente, se realiza el cálculo necesario para viabilizar la inversión en los activos y así mejorar la confiabilidad como se muestra en la **Tabla 7**. Estimando los costos anualizados promedios de los últimos años, el costo de la inversión y los beneficios se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 1.

Relación de costos e inversión por fallas en los equipos A,B,C y D



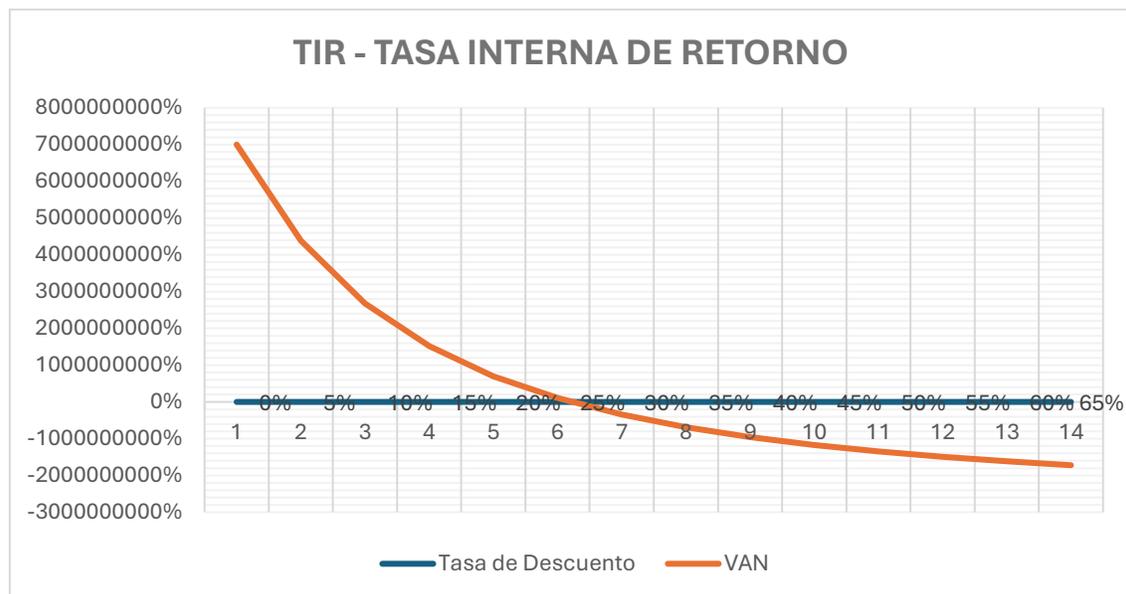
Nota. En esta tabla se relacionan los costos de fallas, inversión y beneficios de inversión para disminuir los eventos por oscilaciones en las RPM's de los motores de combustión A, B, C y D (Catalán & Farfán, 2024).

Tabla 7.*Resumen de Indicadores y factibilidad de inversión*

INDICADORES DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS	
ROI (%)	233%
PRI (MESES)	3.6
VAN (%) (VALOR ACTUAL NETO)	\$ 21,619,785
TIR (%)	26%

Nota. En esta tabla se relacionan los indicadores financieros que viabilizan la decisión de invertir en un proyecto, como el de mejorar el suministro de combustible de los motores y cuyos costos de inversión se recuperan en 3,6 meses, con una tasa interna de retorno de 233% (Catalán & Farfán, 2024).

El artículo del autor Rebollar y otros, confirma la importancia de estos indicadores para tomar decisiones como las observadas en la (Rebollar-Rebollar , Posadas-Domínguez, Rebollar-Rebollar, Hernández-Martínez, & González-Razo, 2020).

Figura 2.*Curva TIR (Tasa Interna de Retorno) en el proyecto de Inversión*

Nota. Esta figura relaciona el indicador financiero TIR, el cual viabiliza la decisión de invertir en este proyecto (Catalán & Farfán, 2024).

Logro de los objetivos específicos

Para el cumplimiento del objetivo general se realizó el análisis de información y diagnóstico de la calidad de los avisos de fallas en los activos físicos de un campo de producción de petróleo a partir de:

- ✓ Recolección de datos históricos de los avisos de fallas en el sistema SAP PM.
- ✓ Realización del diagnóstico de la calidad de la información existente, identificando errores y desviaciones.
- ✓ Investigando las mejores prácticas y estándares internacionales para la creación de avisos de fallas.
- ✓ Definición de un procedimiento estándar que incluye las mejores prácticas identificadas.
- ✓ Diseño de un programa de capacitación dirigido al personal sobre la importancia de la calidad de los avisos
- ✓ Integración de módulos sobre cómo crear avisos de fallas siguiendo los nuevos estándares establecidos.

Para el cumplimiento de los objetivos específicos fue importante lo siguiente (Catalán & Farfán, 2024):

El Análisis de Datos:

- ✓ Se realizó el análisis de los datos de SAP PM, enfocándose en patrones de errores comunes.
- ✓ Se llevó a cabo la comparación de los avisos de fallas generados con los estándares establecidos.
- ✓ Se elaboró un informe detallando las desviaciones encontradas y su impacto en la operación.

Definición de Criterios:

- ✓ Se establecieron criterios claros y medibles para la creación de avisos de fallas, basados en mejores prácticas.
- ✓ Se redactó un documento con las bases y criterios para la creación de avisos de fallas.

Talleres de Capacitación:

- ✓ Se organizaron talleres prácticos para enseñar a los usuarios cómo generar avisos en SAP PM siguiendo los nuevos estándares.
- ✓ Se diseñó material didáctico, manuales o guías de usuario con ejemplos de buenas prácticas.

Análisis de Costos y Beneficios:

- ✓ Se realizó un análisis de los costos asociados a los avisos de fallas.
- ✓ Se elaboró un resumen de los beneficios económicos obtenidos tras la inversión en los activos.

Trabajo Colaborativo:

- ✓ Se involucraron a diferentes departamentos (mantenimiento, operaciones) para obtener diversas perspectivas y asegurar el compromiso.

Monitoreo y Evaluación:

- ✓ Se continúa con el proceso de mejora continua (*PHVA*) para seguimiento y así poder evaluar la efectividad de los cambios.

Conclusiones y resultados

Los resultados fueron satisfactorios teniendo en cuenta que se pasó de tener un porcentaje de calidad de la información de 90,5% a una calidad por encima del 100%, lo cual garantizó los datos de información utilizada para realizar los análisis necesarios a partir de los cuales se realiza la toma de decisiones.

Una vez garantizada la calidad de la información se obtuvo a través del análisis de confiabilidad utilizando la distribución estadística de Weibull que las múltiples fallas presentadas en los equipos estudiados indicaban un deterioro prematuro dentro del ciclo de vida de los activos, obteniendo un valor de $\beta < 1$, esto normalmente asociado a problemas de diseño y variaciones operativas.

Como parte del ejercicio de mejorar la confiabilidad de los activos estudiados, a partir de los resultados estadísticos mencionados anteriormente se lograron mejoras en el diseño de suministro de combustible hacia los motores de combustión garantizando una mejora significativa en el tiempo medio entre fallas MTBF, obteniendo un incremento del 600% de este indicador.

Se observó una disminución de la tasa de falla, resultando 7 veces menor que la obtenida al inicio del periodo de análisis.

Parte de los resultados obtenidos dentro del indicador MTBF son atribuidos a las decisiones de inversión realizadas en los activos para mejorar la confiabilidad, inicialmente se podía ver un costo anualizado por encima de los \$110.000.000COP, una vez realizada la inversión de \$30.000.000COP en la mejora del suministro de combustible hacia los motores de combustión los costos disminuyeron significativamente garantizando además, una mayor confiabilidad y disponibilidad de los equipos por encima del 90%.

De acuerdo con los indicadores financieros de la inversión realizada de los \$30.000.000COP para mejorar la confiabilidad de los equipos se obtuvo un ROI de 233% y un PRI (*periodo de recuperación de la inversión*) en 3,6 meses.

En términos generales los resultados demostraron el beneficio obtenido a partir del análisis de confiabilidad con certidumbre de los datos de información relacionada a los equipos estudiados, a partir de la cual se tomaron decisiones para mejorar la condición y funcionamiento de estos. Alinear las compañías y organizaciones con este tipo de estructura ayudará a tomar decisiones muy acertadas (Rebollar-Rebollar , Posadas-Domínguez, Rebollar-Rebollar, Hernández-Martínez, & González-Razo, 2020).

En resumen, esta monografía ha explorado de manera integral la importancia de los análisis de datos con calidad y la toma de decisiones en la mejora de la confiabilidad de los motores de combustión de las unidades A, B, C y D.

A través de un enfoque sistemático y basado en evidencias, se ha demostrado que la inversión en mejoras no solo optimiza el rendimiento de los equipos, sino que también genera beneficios económicos significativos. Los resultados obtenidos subrayan la necesidad de integrar prácticas analíticas en la gestión de activos, lo que no solo fomenta la eficiencia operativa, sino que también contribuye a una mayor sostenibilidad en el uso de recursos (Rebollar-Rebollar , Posadas-Domínguez, Rebollar-Rebollar, Hernández-Martínez, & González-Razo, 2020). De este modo, se concluye que el uso adecuado de datos de información de fallas y los análisis financieros son esenciales para la toma de decisiones estratégicas que ayudan en el aseguramiento de la confiabilidad de los equipos, sistemas, procesos y garantizan el éxito y rentabilidad de las organizaciones a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez-Q, L. I., Lozano-M., C. A., & Bravo-M., D. A. (2022). Metodología para el mantenimiento predictivo de transformadores de distribución basada en aprendizaje automático. *Revista Ingeniería*, 17, 16. doi:<https://doi.org/10.14483/23448393.17742>
- Armas-Lezma, L. A. (2023). *Plan de mantenimiento de bombas centrífugas basado en la toma de decisiones multicriterio para aumentar su disponibilidad en Centro Comercial Real Plaza Cajamarca, 2023*. Universidad César Vallejo. Trujillo: Universidad César Vallejo. Recuperado el 19 de 05 de 2024, de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/119259>
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2015). *Gestión de activos Aspectos generales, principios y terminología*. Madrid: AENOR. Recuperado el 28 de 09 de 2024
- Ávila-García, A. M., & Escorcía-Yepes, J. A. (2012). *Diseño de plan de mantenimiento preventivo y correctivo programado para equipos de remoción de tierra en la empresa Arismendy Andrade y Cía. Ltda*. Universidad Tecnológica de Bolívar. Cartagena: Universidad Tecnológica de Bolívar. Recuperado el 06 de 05 de 2024, de <https://hdl.handle.net/20.500.12585/3057>
- Bayas, M. D.-G. (2021). *MEJORAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS MÁQUINAS CRÍTICAS DEL ÁREA DE METALMECÁNICA DE LA EMPRESA ECUATRAN S.A. APLICANDO LA METODOLOGÍA DE OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Ecuador), TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA. Riobamba – Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado el 15 de 09 de 2024, de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4586104>

Candelo, J. M.-V., & Gonzáles-Campo, C. H. (Marzo de 2022). Efecto de la incertidumbre en las organizaciones del mercado accionario. *38(162)*, 11.

doi:<https://doi.org/10.18046/j.estger.2022.162.4689>

Catalán, I., & Farfán, P. (2024). Referencias elaboradas con base en nuestro conocimiento y experiencia. Medellín, Antioquia, Colombia.

Cruz, J. S.-V., & Jiménez - Espín, D. (2018). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de confección y estampados de la empresa D'CHRISTIAN MARYURI*. Universidad Tecnológica Indoamérica. Ambato: Ambato: Universidad Tecnológica Indoamérica. Recuperado el 15 de 08 de 2024, de <http://repositorio.uti.edu.ec//handle/123456789/1056>

Herrera - Cano, D. A. (2020). *Implementación del software de gestión de activos empresariales IBM MAXIMO en la empresa Energía eléctrica de Pereira*. Universidad de Antioquia, Ingeniería. Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia. Recuperado el 25 de 09 de 2024, de <https://hdl.handle.net/10495/17217>

ISO 14224-Standards Norway. (2014). *Petroleum, petrochemical and natural gas industries*. ISO International Standard. Oslo - Noruega: ISO International Standard. Recuperado el 28 de 09 de 2024, de <https://es.slideshare.net/slideshow/norma-iso14224-en-espaol/90461771>

Jackeline, D., & Alvarez, I. (Agosto de 2024). *Impacto de la contabilidad en la toma de decisiones estrategica en empresas de seguridad*. Universidad Católica de Cuenca. Cuenca, Ecuador: Universidad Católica de Cuenca.

doi:<https://doi.org/10.14483/23448393.17742>

León-Ganchozo, M. U., Valero-Yarlequé, L. J., & Vera-Macías, S. D. (04 de Enero de 2020).

Diseño del sistema de gestión de activos físicos según norma ISO 55001:2014. *Ingenio*, 3, 88. doi:<https://doi.org/10.18779/ingenio.v3i1.332>

Loor-Zambrano, Y., Alcívar-Martínez, B., & Márquez-Bravo, J. (29 de Septiembre de 2023).

Cuadro de mando integral como herramienta de gestión en decisiones gerenciales para la compañía Abestro S.A. *Universidad Técnica de Ambato*, 53.

doi:<https://doi.org/10.31243/bcoyu.38.2023.2189>

López-Deaza, W. R., & Núñez-Nieto, A. E. (2022). *Propuesta Para la Implementación de un Sistema de Gestión de Activos en la Dirección de Laboratorio e Innovación Ambiental de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR*. Universidad de los Andes.

Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes. Recuperado el 15 de 09 de 2024, de

<http://hdl.handle.net/1992/68636>

Loyola-Torres, F. G., Cisneros-Quintanilla, D. P., & Ormaza-Andrade, J. E. (2020). Control y contabilización de activos fijos y su incidencia en la toma de decisiones administrativas.

Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA, 472.

doi:<https://doi.org/10.35381/r.k.v5i4.966>

Marcano-Aular, Y. J., & Talavera-Pereira, R. (11 de 03 de 2007). Minería de Datos como

soporte en la toma de decisiones. *Minería de Datos como soporte a la toma de decisiones empresariales*, 23(52), pág. 14. Recuperado el 28 de 09 de 2024, de

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31005208>

Marín-Benjumea, Y. D. (2022). *Metodología para la gestión de la calidad de los datos*

empleando un enfoque data driven para implementar procesos de evaluación y

mejoramiento de la calidad de los datos en iniciativas de gestión de datos maestros.

- Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia: repositorio.unal.edu.co.
Recuperado el 23 de 09 de 2024, de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81466>
- Marrero-Hernández, R. A., García-Fenton, V., Vilalta-Alonso, J., Martínez - Pérez, E., & Basile-Wilson, M. (18 de Diciembre de 2022). *La planificación del mantenimiento, su importancia en la gestión de los activos*. La Habana, Cuba: Universidad Tecnológica de La Habana. Recuperado el 09 de 09 de 2024, de <http://www.rii.cujae.edu.cu>
- Martinez - Higuera, Y. A. (2021). *ESTUDIO DE FALLAS, SÍNTOMAS Y COMPONENTES CRÍTICOS DE EQUIPOS DEL ÁREA DE FIGURACIÓN DE LA EMPRESA GRUPO SIDERÚRGICO REYNA*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Duitama, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Recuperado el 15 de 09 de 2024, de <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/8830>
- Molina-Verdugo, C., Sánchez-Fuentes, S. L., Leyva-Jiménez, L. M., & Verdugo-Tapia, M. L. (2021). *Estrategias y Competitividad en la era digital*. Sonora, Mexico: Universidad de Sonora. doi:<https://doi.org/10.47807/UNISON.188>
- Mora Gutiérrez, A. (2024). *Analytics aplicada a mantenimiento y gestión de activos*. (S. Córdoba Hernández, & V. Cristian , Edits.) Bogotá, Bogotá, Colombia: Alpha Editorial S. A. Recuperado el 18 de 10 de 2024
- Mora, A. -G. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control* (Primera ed.). Mexico: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México. Recuperado el 13 de 06 de 2024
- Morales - Ronceros, C., & Pombas, R. (02 de Febrero de 2023). Modelo de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad Operacional para una Planta Compresora de Gas. *Revista Politécnica*, 51, 129. doi:<https://doi.org/10.33333/rp.vol51n1.10>

- Olaza -Aliano, H. D. (2022). *Aplicación de System Center para la mejora en gestión de activos de TI en la Oficina de Informática MINEDU, 2021*. Universidad César Vallejo, Ingeniería. Lima, Perú: Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. Recuperado el 13 de 09 de 2024, de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/85151>
- Parra, C., Viveros, P., Kristjanpoller, F., Gómez-Fernandez, J. F., Crespo-Marquez, A., & Gonzales-Prida, V. (Febrero de 2021). Técnicas de auditoría para los procesos de mantenimiento, fiabilidad operacional y gestión de activos (AMORMS & AMS-ISO 55001). *ResearchGate*, 20. doi:10.13140/RG.2.2.35842.61124/4
- Pazmiño-Chiluiza, H. V., & Lara-Vasconez, V. M. (2023). *Evaluación De Aceras Como Gestión De Activos De La Red Urbana Vial En Riobamba*. Universidad Nacional de Chimborazo, Ingeniería. Riobamba: Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo. Recuperado el 28 de 09 de 2024, de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10290>
- Peña-Troncoso, R. A., & Palma-Sanchez, J. M. (2017). *Estudio de mejoramiento de planes mantenimiento mediante análisis de criticidad de equipos del área química línea I, celulosa Arauco y constitución, Planta Arauco*. Universidad de las Américas. Arauco, Chile: Universidad de las Américas. Recuperado el 20 de 09 de 2024, de <http://repositorio.udla.cl/xmlui/handle/udla/228>
- Pérez-Moreno, V. (2020). Fundamentos terotecnologicos para reemplazo de equipos industriales en la gestion de activos. *Revista Ingeniería Industrial*, 19, 17. doi:<https://doi.org/10.22320/S07179103/2020.4>
- Piedrahita-Mazo, A., & Montoya-Quintero, D. (01 de Julio de 2022). Evaluación de la calidad de la información en las organizaciones, a través de herramientas tecnológicas. *Signos*, 12. doi:<https://doi.org/10.15332/24631140.7785>

- Pulido, Á. R.-M., & Alzate - González, S. A. (2022). *Identificación de los Beneficios para el Desarrollo de la Propuesta de Valor de la Implementación de un Sistema de Gestión de Activos en una Empresa de Manufactura del Sector Madera*. Universidad de Antioquia, Antioquia, Colombia. Medellín: Universidad de Antioquia. Recuperado el 14 de 07 de 2024, de <https://hdl.handle.net/10495/32481>
- Rebollar-Rebollar , S., Posadas-Domínguez, R. R., Rebollar-Rebollar, E., Hernández-Martínez, J., & González-Razo, F. (Junio de 2020). Aporte de indicadores de Evaluación. *Aporte de indicadores de Evaluación Privada de Proyectos de Inversión*, 46, pág. 21. Recuperado el 29 de 09 de 2024, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14163631004>
- Rivera-Estay, J. L. (2015). *Modelo de toma de decisiones de mantenimiento para evaluar impactos en disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad y costos*. Universidad de Chile. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Recuperado el 21 de 09 de 2024, de URI: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/136233>
- Rodriguez-Pachón, J. S., & Osorio-Barrientos, J. G. (2023). *MODELO DE GESTIÓN DE ACTIVOS PARA LA INSTALACIÓN DE EQUIPOS APLICADOS AL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA EMPRESA PROTISA COLOMBIA*. Fundación Universitaria Los Libertadores. Bogotá, Colombia: Fundación Universitaria Los Libertadores. Recuperado el 16 de 09 de 2024, de <http://hdl.handle.net/11371/6337>
- Stamatis, D. H. (1995). *Failure Mode and Effect Analysis - FMEA from Theory to Execution*. (I. BookCrafters, Ed.) Wisconsin, Milwaukee, USA: ASQC Quality Press.
- Taleb, I., Adel-Serhani, M., Bouhaddioui, C., & Dssouli, R. (29 de Mayo de 2021). Marco de calidad de big data: un enfoque holístico para la gestión continua de la calidad. *Revista de Big Data volumen*, 41. doi:<https://doi.org/10.1186/s40537-021-00468-0>

- Tasama-V, J. A., Gómez-Estrada, S., & Holguín-L, M. (05 de 2009). Análisis de confiabilidad. *Análisis de Confiabilidad aplicadl a una conformadora de rollos*, 15(41), pág. 5. Recuperado el 29 de 09 de 2024, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84916680003>
- Varas-Soler, C. A. (2019). *Propuesta de rediseño en el proceso de recopilación de datos para el análisis de confiabilidad en interruptores de potencia de Gas SF6*. Universidad de Chile. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Recuperado el 11 de 09 de 2024, de URI: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170619>
- Vargas-Jerez, M., Parra, C., & Reyes-Angarita, J. J. (Octubre de 2019). *Análisis de Costo y Ciclo de Vida para la Reposición de un Motor de Gas Superior 16G825 y Compresor de Gas Worthington tipo OF6XH6 por un Motor a Gas Waukesha 7044 S5 -Compresor Superior MH64*. ASME. ResearchGate. doi:10.13140/RG.2.2.17402.72643
- Vargas-Vargas, I., Estupiñan-Díaz, S., & Díaz- Molina , A. (08 de 2017). Actualidad mundial de los sistemas de gestión del mantenimiento. *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la caña de azucar*, 51(2), pág. 6. Recuperado el 28 de 09 de 2024, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223154251002>
- Vilata-Alonso, J. A., & Espinosa-Álvarez , M. (2008). La Importancia de una Metodología para el Diagnóstico de la Calidad de los datos. *Metodología para el Diagnóstico de la Calidad de los datos*, 29(2), pág. 6. Recuperado el 29 de 09 de 2024, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360433566009>
- Zúñiga, L. -S., & Sánchez - Godínez, E. (06 de 11 de 2012). CALIDAD DE DATOS Y SU EVALUACIÓN: UN CASO DE ESTUDIO. *Revista CAES Revista Electrónica en la Educación Superior*, III(2), 49. doi:DOI: <https://doi.org/10.22458/caes.v3i2.444>