



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**ANÁLISIS DE KPIS DE MANTENIMIENTO Y SU INCIDENCIA EN LA
PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA LÁCTEA**

Proyecto técnico de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor

Jeferson Alejandro Sánchez Oñate

Tutor

Ing. Sarmiento Ortiz Fabián MSc.

QUITO - ECUADOR

2025

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA
CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Jeferson Alejandro Sánchez Oñate, declaro ser autor del Estudio Técnico, trabajo de titulación “ANÁLISIS DE KPIS DE MANTENIMIENTO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA LÁCTEA” como requisito para optar al grado de “Ingeniero Industrial”, autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad Tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos del Autor, morales y patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dicho beneficio.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, en el mes de septiembre del año 2025, firmo conforme:

Autor: Jeferson Alejandro Sánchez Oñate

Firma:

Numero de Cedula: 1723613228 Dirección: Conocoto

Correo Electrónico: jeferson_j.a.s@outlook.com

Teléfono: 0985358168

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “ANÁLISIS DE KPIS DE MANTENIMIENTO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA LÁCTEA.” presentado por JEFERSON ALEJANDRO SÁNCHEZ OÑATE, para optar por el Título de ingeniería industrial

CERTIFICO Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 23/08/2025

.....

Ing. Sarmiento Ortiz Fabián MSc.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Jeferson Alejandro Sánchez Oñate, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente proyecto, como requerimiento previo para la obtención del título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, agosto del 2025

EL AUTOR

.....

Jeferson Alejandro Sánchez Oñate

CI: 1723613228

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, sobre el Tema “**ANÁLISIS DE KPIS DE MANTENIMIENTO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA LÁCTEA**” aprobado del Título de Ingeniería Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular

Quito, 26 de septiembre de 2025

.....

Ing. Pablo Elicio Ron Valenzuela MSc.

LECTOR

.....

Ing. Juan Joel Segura D’Rouville MSc.

LECTOR

DEDICATORIA

“Dedico esta tesis, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía constante y darme la fortaleza para llegar hasta aquí. A mi familia, mi mayor fuente de apoyo, amor incondicional y el pilar fundamental en cada paso de mi vida. Y a mis amigos, por estar siempre presentes, impulsándome a seguir mis sueños y nunca rendirme.”

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la fortaleza y sabiduría en cada paso; a mi familia, por su amor y respaldo incondicional; y a todas las personas que, de una u otra manera, han sido parte de este proceso, brindándome su apoyo y contribuyendo a la culminación de esta etapa tan importante en mi vida. Soporte para llegar a culminar esta etapa de mi vida.

A la Universidad Tecnológica Indoamérica, a la Carrera de Ingeniería Industrial y a todos los docentes que, con su conocimiento y dedicación, han sido parte fundamental en mi formación profesional y en la obtención de este título universitario.

A mi tutor, el Ing. Fabián Sarmiento, por su valioso apoyo, guía y paciencia a lo largo del desarrollo de este proyecto de investigación. Su compromiso, tanto como docente como ser humano, ha dejado una huella significativa en mi camino académico.

Gracias

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Contexto	1
Macro.....	1
Meso	3
Micro	5
Árbol de Problemas	7
Análisis Crítico.....	8
Antecedentes.....	9
Justificación.....	14
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos	16
METODOLOGÍA.....	17
Área de estudio	17
Enfoque.....	17
Enfoque cuantitativo.....	17
Enfoque cualitativo.....	18
Técnica metodológica.....	18
Niveles de investigación.....	18
Tipos de investigación	18
Hipótesis de investigación.....	19
Hipótesis nula.....	19
Diseño del trabajo.....	20
Introducción al análisis	22
Disponibilidad Operacional.....	24
MTBF – Mean Time Between Failures (Tiempo Medio Entre Fallas).....	25

Importancia y Aplicaciones del MTBF.....	26
MTTR – Mean Time to Repair (Tiempo Medio de Reparación)	26
Importancia y Aplicaciones del MTTR.....	27
Tasa de fallas	28
Importancia y Aplicaciones de la Tasa de Fallas	28
Evaluación de los principales KPIS de mantenimiento.....	29
Análisis de Weibull	29
Análisis de KPIS mensuales	30
Análisis trimestral por equipos	32
Thimonnier 1	33
Thimonnier 2	36
TBA 8.....	38
TBA 19.....	40
Análisis de modos de Falla y efectos (AMFE).....	42
Análisis de indicadores KPIS de mantenimiento para los equipos seleccionados (abril 2024-abril 2025)	44
Thimonnier 1	44
Thimonnier 2	46
TBA 8.....	47
TBA 19.....	49
Análisis de correlación	50
Resultados de entrevistas y encuestas (Enfoque cualitativo)	52
Efectos de una gestión deficiente y propuestas de mejora	53
Plan de mantenimiento predictivo	54
Uso de sensores e IoT para detectar fallos incipientes	54
Reducción de MTTR y mayor MTBF	54

Capacitación técnica continua	54
Cursos internos y externos al personal	54
Mejora en ejecución preventiva.....	54
Actualización del sistema de indicadores	54
Implementación de dashboard en tiempo real	54
Monitoreo constante y toma de decisiones rápida.....	54
Gestión de inventario técnico automatizada.....	54
Sistema ERP para control de repuestos	54
Disminución del tiempo de respuesta.....	54
Análisis de metas Elevadas para Indicadores Clave de Rendimiento (KPIS) y su impacto en la productividad	57
Propuesta de Metas Elevadas	58
Comparación con indicadores Actuales	58
Análisis de brechas.....	59
Propuesta de mejora	62
Visualización de resultados	62
Contraste con otras investigaciones.....	72
Discusión de la verificación de la hipótesis.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Indicadores de Impacto del Mantenimiento en la Productividad Industrial a Nivel Global	2
Tabla 2 Indicadores de Mantenimiento Industrial en Ecuador (2020–2023)	4
Tabla 3 Indicadores de Mantenimiento (2023).....	6
Tabla 4 Variable Independiente: KPIS de Mantenimiento.....	20
Tabla 5 Variable Dependiente: Productividad.....	21
Tabla 6 Lista de Equipos y su Nivel de Criticidad	22
Tabla 7 Resumen de KPIS considerados sobre la gestión.....	24
Tabla 8 Distribución trimestral promedio de los indicadores en la unidad Thimonnier 1	33
Tabla 9 Distribución trimestral promedio de los indicadores en la unidad Thimonnier 2	36
Tabla 10 Distribución trimestral promedio de los indicadores en la unidad TBA8	38
Tabla 11 Distribución trimestral promedio de los indicadores en la unidad TBA19.....	40
Tabla 12 Análisis modo de falla (AMEF) inicial.....	43
Tabla 13 Tabla de correlación de Weibull TH1	45
Tabla 14 Tabla de correlación de Weibull TH2	46
Tabla 15 Tabla de correlación de Weibull TBA8.....	48
Tabla 16 Tabla de correlación de Weibull TBA19.....	50
Tabla 17 Interpretación del Coeficiente de Correlación de Pearson (r)	50
Tabla 18 Principales limitaciones identificadas (percepción del personal).....	52
Tabla 19 Propuestas de mejora para la gestión de mantenimiento.....	53
Tabla 20 Análisis de criticidad y priorización de equipos.....	55
Tabla 21 Matriz de Criticidad.....	55
Tabla 22 Tendencias históricas y comparativas interanuales	55
Tabla 23 Benchmarking con estándares del sector.....	56
Tabla 24 Análisis Foda.....	57
Tabla 25 Metas elevadas.....	58
Tabla 26 Brechas de desempeño.....	59
Tabla 27 Cálculos previos al coeficiente de evaluación Pearson	60
Tabla 28 Clasificación de Pearson.....	61
Tabla 29 Estrategias de propuestas con acciones específicas.....	62
Tabla 30 Resumen de los indicadores de gestión y su efecto.....	66

Tabla 31 Relación de criticidad y tasa de fallas de los equipos.....	68
Tabla 32 Correlación entre Disponibilidad y Producción (abril 2024 - abril 2025).....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Relación Causa – Efecto (árbol de problema).	7
Figura 2 Variación de la disponibilidad de los equipos	31
Figura 3 Variación de la disponibilidad por trimestre.....	32
Figura 4 Distribución de datos en análisis Weibull TH1	34
Figura 5 Parámetros de característicos de la TH1.....	35
Figura 6 Parámetros de característicos de la TH2.....	37
Figura 7 Parámetros de característicos de la TBA8.	39
Figura 8 Parámetros de característicos de la TBA19	41
Figura 9 Litros procesados vs. Disponibilidad.....	51
Figura 10 Litros procesados vs. Tiempos muertos.....	52
Figura 11 Cumplimiento de mantenimiento preventivo y correctivo por trimestre.	54
Figura 12 Variación de la disponibilidad en relación a la meta de producción ...	70

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1	Vista superior de la distribución de los equipos en la planta	78
ANEXO 2	Fichas técnicas de los equipos intervenidos.....	79
ANEXO 3	Registro de Fallas SAP Thimonnier 1.....	81
ANEXO 4	Registro de Fallas SAP Thimonnier 2.....	82
ANEXO 5	Registro de Fallas SAP TBA8	83
ANEXO 6	Registro de Fallas SAP TBA19.....	84
ANEXO 7	Aprobación de Abstract Departamento de Idiomas	85

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: “ANÁLISIS DE KPIS DE MANTENIMIENTO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA LÁCTEA”

AUTOR: Jeferson Alejandro Sánchez Oñate

TUTOR: Ing. Fabián Sarmiento

RESUMEN

El presente estudio, realizado entre abril de 2024 y abril de 2025, analizó la incidencia de los indicadores clave de rendimiento (KPIs) del área de mantenimiento en la productividad de una empresa del sector lácteo. Se aplicó un enfoque mixto, combinando análisis cuantitativo de métricas como MTBF, MTTR, disponibilidad operativa y tasa de fallas, con un análisis cualitativo mediante entrevistas al personal. Los resultados evidencian una correlación muy fuerte entre la disponibilidad operativa y la producción ($r \approx 0.96$), confirmando que la gestión efectiva de KPIs influye directamente en la productividad. Durante el periodo de estudio, la disponibilidad aumentó del 84.16% al 94.10%, lo que elevó la producción en un 28.38% (de 428.6 mil a 550 mil litros), con mejoras notables en el MTBF (+48.92%) y el MTTR (-36.61%). Sin embargo, se identificó que equipos críticos como las unidades TBA y Thimonnier presentan altas tasas de fallas (576 fallas totales) debido a problemas mecánicos, eléctricos e hidráulicos, lo que exige acciones correctivas y preventivas sostenibles. El estudio concluye que factores como la falta de planificación, escasez de repuestos y capacitación insuficiente son causas frecuentes que limitan la eficiencia, validando un modelo que puede ser replicado en otras empresas para optimizar la gestión de mantenimiento.

DESCRIPTORES: Disponibilidad, KPIs, Mantenimiento industrial. MTBF, MTTR, Productividad.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

THEME: “ANALYSIS OF MAINTENANCE KPIS AND THEIR IMPACT ON PRODUCTIVITY IN A DAIRY COMPANY”

AUTHOR: Jeferson Alejandro Sánchez Oñate

ADVISOR: Ing. Fabián Sarmiento

ABSTRACT

The present study, conducted between April 2024 and April 2025, analyzed the impact of key performance indicators (KPIs) of the maintenance area on the productivity of a dairy sector company. A mixed approach was employed, combining quantitative analysis of metrics such as MTBF, MTTR, operational availability, and failure rate with a qualitative analysis through staff interviews. The results show a robust correlation between operational availability and production ($r=0.96$), confirming that the effective management of KPIs directly influences productivity. During the study period, availability increased from 84.16% to 94.10%, resulting in a 28.38% rise in production (from 428.6 thousand to 550 thousand liters), accompanied by notable improvements in MTBF (+48.92%) and MTTR (-36.61%). However, it was identified that critical equipment, such as the TBA and Thimonnier units, shows high failure rates (576 total failures) due to mechanical, electrical, and hydraulic problems, which require sustainable corrective and preventive actions. The study concludes that factors such as a lack of planning, a scarcity of spare parts, and insufficient training are recurring causes that limit efficiency, validating a model that can be replicated in other companies to optimize maintenance management.

DESCRIPTORS: Availability, KPIs, Maintenance, Industrial, MTBF, MTTR, Productivity

ANEXO 7

Aprobación de Abstract Departamento de Idiomas

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Tema

“ANÁLISIS DE KPIS DE MANTENIMIENTO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA LÁCTEA”

Contexto

Macro

En la actualidad, la competitividad de las empresas manufactureras a nivel global está estrechamente vinculada con la eficiencia de sus procesos operativos, siendo la gestión del mantenimiento industrial un factor determinante. Un mantenimiento deficiente puede derivar en paradas no programadas, aumento de costos operativos, deterioro en la calidad del producto y pérdida de productividad. De acuerdo con un informe de Deloitte (2023), hasta el 70% de las interrupciones no planificadas en plantas industriales se debe a una inadecuada gestión del mantenimiento (p. 15).

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), los sectores productivos pierden en promedio entre el 4% y 6% del Producto Interno Bruto (PIB) mundial debido a fallas operativas, deficiente mantenimiento y accidentes laborales (OIT, 2022), (p. 10). En la industria manufacturera, los costos de inactividad por averías no planificadas pueden representar entre el 5% y el 20% de la capacidad de producción anual (Statista, 2023).

El uso de Indicadores Clave de Desempeño (KPIS, por sus siglas en inglés) se ha convertido en una práctica esencial para medir, evaluar y mejorar la eficiencia de los procesos de mantenimiento. KPIS como el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF), Tiempo Medio para Reparar (MTTR), Disponibilidad Operacional, y el Índice de Cumplimiento del Plan de Mantenimiento (PM Compliance) permiten obtener información precisa para la toma de decisiones estratégicas (Fernández, 2021), (p. 88).

Un estudio global de PwC (2023), reveló que las empresas manufactureras que implementan sistemas de mantenimiento basados en KPIS lograron incrementar su eficiencia operativa en un 15% y reducir sus costos de mantenimiento en hasta un 20% (p. 22). Estos indicadores son especialmente críticos en industrias como la alimentaria, donde los estándares de calidad e inocuidad dependen en gran medida de la confiabilidad de los equipos.

Por tanto, el mantenimiento industrial debe ser considerado no solo como una función técnica, sino como un pilar estratégico dentro del sistema de producción. Su adecuada gestión, apoyada en métricas objetivas, permite garantizar la continuidad operativa, minimizar riesgos y mejorar la rentabilidad de las organizaciones.

Tabla 1

Indicadores de Impacto del Mantenimiento en la Productividad Industrial a Nivel Global

Indicador	Valor Estimado (2023)	Fuente
Pérdida del PIB global por fallas operativas	4% – 6%	OIT (2022)
Tiempo medio de inactividad por fallas	800 horas por año por planta	Deloitte (2023)
Costo promedio por hora de inactividad	USD \$260,000	Statista (2023)
Empresas que usan KPIS en mantenimiento	62% de las manufactureras	PwC (2023)
Aumento de eficiencia con KPIS	+15% de mejora operativa	PwC (2023)
Reducción de costos con gestión por KPIS	Hasta 20%	PwC (2023)

Promedio global de disponibilidad operativa	85%	Fernández (2021)
Cumplimiento promedio del plan de mantenimiento (PM Compliance)	75%	Fernández (2021)

Nota. Como se muestra en la Tabla 1, indicadores como la disponibilidad operativa, el cumplimiento del plan de mantenimiento y los costos por hora de inactividad evidencian el impacto directo de una gestión de mantenimiento eficiente sobre la productividad y rentabilidad de las empresas industriales.

Meso

En Ecuador, la gestión del mantenimiento industrial aún enfrenta importantes desafíos relacionados con la implementación de prácticas modernas y el uso sistemático de Indicadores Clave de Desempeño (KPIs). Muchas empresas industriales, incluyendo el sector alimenticio y lácteo, todavía operan con modelos de mantenimiento correctivo o reactivo, lo cual repercute directamente en la eficiencia de la producción, los costos operacionales y la vida útil de los equipos (Zambrano & Naranjo, 2020), (p. 45).

A pesar de los avances en normativas técnicas y la existencia de instrumentos como la Norma Técnica Ecuatoriana INEN-ISO 55000, que promueve la gestión de activos físicos, el enfoque preventivo y predictivo aún no está completamente integrado en todas las industrias ecuatorianas (INEN, 2016), (p. 1). La falta de formación técnica especializada, junto con una débil cultura organizacional orientada a la medición del desempeño, ha llevado a que muchas decisiones en el área de mantenimiento se tomen de forma reactiva, más como una respuesta a fallas que como una estrategia planificada.

Sin embargo, algunas universidades del país y entidades de capacitación técnica han comenzado a incluir en sus programas de estudio contenidos relacionados con

mantenimiento basado en condición, análisis de confiabilidad, y uso de KPIS industriales, con el fin de formar profesionales capaces de mejorar los procesos productivos. Asimismo, empresas del sector lácteo que buscan certificaciones internacionales o mejorar sus estándares de calidad han empezado a incorporar sistemas computarizados de gestión de mantenimiento (CMMS), que permiten monitorear indicadores como el tiempo medio entre fallos (MTBF), tiempo medio para reparar (MTTR), disponibilidad operativa, y cumplimiento del plan de mantenimiento (PM Compliance) (Reyes & Villavicencio, 2021), (p. 58).

Estos esfuerzos, aunque todavía limitados, representan un avance hacia una visión más estratégica de la gestión de activos, donde el análisis de indicadores se convierte en una herramienta fundamental para la mejora continua y el incremento de la productividad en la industria ecuatoriana.

Tabla 2

Indicadores de Mantenimiento Industrial en Ecuador (2020–2023)

Indicador	Valor Estimado	Fuente
Empresas con mantenimiento correctivo (%)	65%	Zambrano & Naranjo (2020)
Empresas que utilizan KPIS en mantenimiento (%)	35%	Reyes & Villavicencio (2021)
Disponibilidad operativa promedio (%)	80%	Fernández (2021)
Cumplimiento del plan de mantenimiento (%)	70%	Fernández (2021)

Productividad en manufactura (USD/persona)	122,530.76	CEIC (2023)
Producción diaria de leche (millones de litros)	6.15	INEC (2020)

Nota: Esta tabla presenta una recopilación de datos claves relacionados con el mantenimiento industrial en Ecuador. Los indicadores seleccionados, como el porcentaje de empresas que utilizan mantenimiento correctivo y la disponibilidad operativa promedio, son fundamentales para contextualizar la situación actual del sector.

Micro

La empresa objeto de estudio mantienen como actividad principal la producción, procesamiento y comercialización de productos pasteurizados de la leche. A pesar de su importante participación en el mercado local, la empresa actualmente no cuenta con una gestión formalizada del mantenimiento ni con un sistema de indicadores de desempeño (KPIS) que permita medir de manera precisa la eficiencia de sus procesos productivos y técnicos. Esta situación ha derivado en fallas frecuentes de los equipos, tiempos muertos operacionales y retrasos en la entrega de productos, afectando de manera significativa la productividad global de la planta (Escobar & Villacís, 2021, p. 35).

Las labores de mantenimiento se ejecutan, en su mayoría, bajo un enfoque correctivo, es decir, se realizan intervenciones solo cuando los equipos presentan fallas, sin planificación ni anticipación de los eventos. Esta práctica genera un incremento en los costos operacionales, tanto por los repuestos como por el tiempo improductivo de las líneas de producción. Además, el personal técnico no cuenta con herramientas estadísticas ni con una estructura de reporte basada en KPIS que le permita detectar tendencias, prever fallos o evaluar la eficiencia de las tareas de mantenimiento realizadas (Escobar & Villacís, 2021, p. 38).

La empresa ha identificado esta situación como una debilidad crítica dentro de

su cadena productiva y busca implementar un sistema de indicadores clave de desempeño para el área de mantenimiento que permita no solo mejorar la disponibilidad y confiabilidad de sus equipos, sino también elevar su nivel de productividad, reducir pérdidas y optimizar los recursos operacionales (Escobar & Villacís, 2021, p. 40).

Tabla 3 *Indicadores de Mantenimiento (2023)*

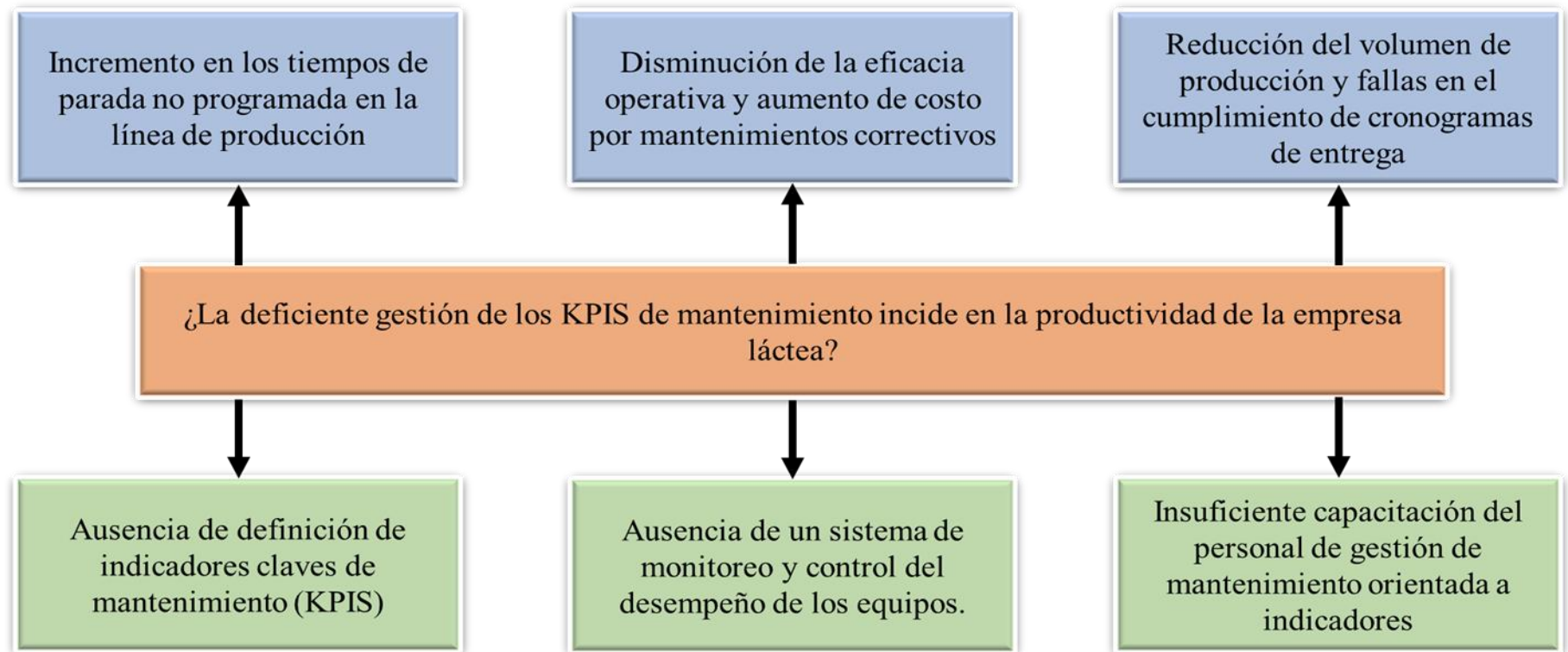
Indicador	Valor Estimado	Fuente
Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF)	120 horas	Escobar & Villacís (2021, p. 36)
Tiempo Medio para Reparar (MTTR)	8 horas	Escobar & Villacís (2021, p. 36)
Disponibilidad Operativa	85%	Escobar & Villacís (2021, p. 37)
Cumplimiento del Plan de Mantenimiento	60%	Escobar & Villacís (2021, p. 37)
Productividad (kg/h.h)	96.73	Escobar & Villacís (2021, p. 38)
Indicador	Valor Estimado	Fuente

Nota: La información de esta tabla es crucial para el análisis de la Tesis, ya que establece una base de referencia que justifica la importancia de optimizar la gestión del mantenimiento y la aplicación de KPIs en empresas como la láctea estudiada

Árbol de Problemas

Figura 1

Relación Causa – Efecto (árbol de problema).



Fuente: Empresa láctea. Elaborado por: El investigador

Análisis Crítico

La ineficiencia en el uso y gestión de los indicadores clave de desempeño (KPIs) en el área de mantenimiento se ha convertido en un factor crítico que afecta directamente la productividad de la empresa láctea. Una de las principales fallas radica en la falta de conocimiento técnico para la definición, seguimiento e interpretación de estos indicadores, lo cual impide tomar decisiones correctivas a tiempo (Chaneski, 2021).

Cuando no se lleva un control adecuado de métricas como el tiempo medio entre fallos (MTBF), el tiempo medio para reparar (MTTR) o el porcentaje de disponibilidad de equipos, la empresa opera bajo condiciones inciertas que generan paros no programados, acumulación de tiempos muertos, e ineficiencia operativa. Esta situación también implica sobrecargas en el personal técnico, falta de planificación preventiva y aumento de los costos por mantenimiento correctivo, lo cual repercute negativamente en la productividad general (García, 2019).

Adicionalmente, la ausencia de un sistema de monitoreo constante o software de gestión de mantenimiento asistido por computadora (CMMS) impide la trazabilidad de fallos y la optimización del ciclo de vida de los activos. La falta de capacitación del personal en la importancia de los KPIs y su uso estratégico también contribuye a que estos indicadores sean ignorados o malinterpretados, reduciendo la capacidad de respuesta ante posibles fallas (Pérez & Rodríguez, 2022).

La insuficiente capacitación del personal de gestión de mantenimiento orientada a indicadores limita gravemente la capacidad de interpretar, aplicar y reaccionar frente a los datos que proveen los KPIs. Esta carencia genera un manejo ineficaz del mantenimiento, ya que los técnicos y responsables no cuentan con los conocimientos necesarios para optimizar procesos, anticiparse a fallas o mejorar la eficiencia operativa a partir del análisis de indicadores clave. Sin formación adecuada, el personal se centra en acciones reactivas en lugar de estrategias preventivas o predictivas (Coello, 2024).

Como efecto directo, se observa la disminución de la eficacia operativa y el aumento de costos por mantenimientos correctivos. Al no gestionar adecuadamente el

desempeño de los equipos a través de indicadores, las fallas no se detectan a tiempo, los problemas se agravan y se recurre con mayor frecuencia a paradas de emergencia y reparaciones costosas. Esto no solo incrementa los gastos de operación, sino que también reduce la disponibilidad de los equipos, afectando la productividad general de la empresa (Reyes y Villavicencio, 2021).

Una causa crítica adicional identificada es la insuficiente capacitación del personal de gestión de mantenimiento orientada a indicadores, lo cual repercute directamente en la capacidad operativa de la empresa. Cuando los técnicos y responsables carecen de habilidades para interpretar y utilizar adecuadamente los KIPS, no solo se compromete la eficiencia del mantenimiento, sino que también se afectan los procesos productivos en su conjunto. La falta de formación impide implementar acciones preventivas o predictivas con base en datos, lo que incrementa la probabilidad de fallos imprevistos y detenciones prolongadas.

Esta deficiencia conlleva un efecto directo: la reducción del volumen de producción y el incumplimiento de los cronogramas de entrega, debido a la baja disponibilidad de los equipos y a una planificación operativa deficiente. En un sector como el lácteo, donde los productos son perecibles y los plazos de entrega son estrictos, estas fallas afectan la reputación de la empresa, generan pérdida de clientes y provocan inestabilidad comercial (Mendoza & Rivera, 2023). Por ello, la capacitación continua y especializada del personal técnico se convierte en un eje estratégico para garantizar la sostenibilidad y competitividad de la empresa Campo Fino.

En resumen, la gestión deficiente de los KPIS de mantenimiento genera una pérdida de competitividad y eficiencia productiva que podría prevenirse con una adecuada implementación de herramientas de gestión y formación del talento humano involucrado.

Antecedentes

En la tesis de Correa (2024), titulada “Gestión de indicadores y el recurso humano como estrategias de mejora en el área de mantenimiento de una industria de lácteos”, se

aborda una problemática recurrente en el sector industrial: la ineficiencia en los procesos de mantenimiento y su directa repercusión en la productividad operativa. El estudio se centró en una empresa láctea peruana que presentaba altos niveles de paros técnicos no planificados, tiempos prolongados de reparación de maquinaria y un bajo rendimiento de sus activos productivos, situación agravada por una gestión deficiente del recurso humano en el área de mantenimiento. La investigación tuvo como objetivo principal diseñar e implementar un sistema de gestión de indicadores clave de mantenimiento que permitiera evaluar, controlar y optimizar el desempeño de los equipos. Entre los indicadores seleccionados se destacaron el Tiempo Medio entre Fallas (MTBF), el Tiempo Medio para Reparación (MTTR) y la Eficiencia Global de los Equipos (OEE), considerados como esenciales para lograr un mantenimiento eficiente (Correa, 2024, p. 45). Asimismo, se propuso una estrategia paralela de mejora en la administración del recurso humano, centrada en la capacitación técnica del personal, la redefinición de roles y la planificación efectiva de las actividades, con el fin de maximizar la disponibilidad de los equipos y reducir los costos operativos.

La metodología empleada consistió en un enfoque cuantitativo con diseño de caso aplicado a la planta industrial, iniciando con un diagnóstico situacional a través de matrices de evaluación y análisis de registros históricos de fallas. A partir de los datos recolectados, se procedió a la implementación del sistema de indicadores y a un plan de acción en el área de talento humano. Como resultado, se evidenció una mejora significativa en los indicadores clave: el MTBF se incrementó en un 15%, el MTTR se redujo en un 12% y el OEE mejoró en un 10%, reflejando un avance sostenido en la productividad de la empresa (Correa, 2024, p. 49). Estas cifras revelan que el mantenimiento dejó de ser un centro de gasto para convertirse en una función estratégica orientada a la continuidad operativa. En las conclusiones, el autor subrayó que el éxito del sistema no solo dependió de la tecnología o los indicadores implementados, sino también del compromiso del personal técnico y la cultura organizacional orientada a la mejora continua. Finalmente, se recomendó institucionalizar el uso del sistema de KPIS, promover la formación técnica continua y establecer rutinas periódicas de evaluación de desempeño, a fin de garantizar la sostenibilidad de los resultados a largo plazo (Correa,

2024, p. 51).

En la investigación de Macas Poma y Tuquerres Mosquera (2022), titulada “Diseño de un plan de mantenimiento productivo en el área de servicios industriales en la empresa Láctea Tanilact”, se aborda la problemática de fallas recurrentes en la maquinaria de la empresa Tanilact, ubicada en la parroquia Tanicuchí, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Estas fallas ocasionaban retrabajos y pérdidas económicas significativas, derivadas de costos adicionales por nuevos suministros, desgaste prematuro de la maquinaria y paros en la producción. El objetivo principal de la investigación fue diseñar un plan de mantenimiento productivo que abarcara los sistemas de agua natural, aire comprimido, vapor de agua, agua helada y energía eléctrica, con el fin de optimizar el funcionamiento de las máquinas y reducir las interrupciones en la producción. Para ello, se empleó una metodología descriptiva y técnica de campo, permitiendo un contacto directo con las máquinas y una evaluación detallada de su funcionamiento (Macas Poma & Tuquerres Mosquera, 2022, p. 67).

Los resultados del estudio identificaron un total de 43 máquinas y equipos distribuidos en los cinco sistemas mencionados. Se determinó que el sistema de vapor de agua, compuesto por tres calderos de 100, 80 y 200 bhp, requería un cambio en las válvulas de purga, mientras que los demás sistemas necesitaban mantenimientos periódicos. El plan de mantenimiento productivo fue diseñado utilizando el software Microsoft Excel, en el cual se programaron acciones de mantenimiento automáticas y se llevó un registro detallado de las máquinas y equipos. Esta implementación permitió una programación eficiente de las actividades de mantenimiento y una mejora en la productividad de la empresa. En conclusión, la tesis destaca la importancia de un mantenimiento planificado y sistemático para garantizar la operatividad de los equipos y minimizar las pérdidas económicas. Se recomienda la adopción de planes de mantenimiento productivo en empresas similares para mejorar la eficiencia operativa y la competitividad en el sector lácteo.

En la tesis de Chacha Guasti (2022), titulada “Cuadro de mando integral y la productividad en la empresa láctea Tanilact de la parroquia Tanicuchí de la provincia de

Cotopaxi”, se abordó la problemática de la baja productividad en la empresa láctea Tanilact, ubicada en la parroquia Tanicuchí del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. La investigación se centró en diseñar un Cuadro de Mando Integral (CMI) que permitiera incrementar el nivel de productividad de la empresa. Para ello, se utilizó un enfoque mixto, con énfasis en el enfoque cualitativo, y se aplicaron los métodos deductivo y analítico-sintético, los cuales ayudaron a obtener información para la ejecución de la herramienta de gestión de control como propuesta de mejora continua. Las técnicas de investigación permitieron identificar la situación actual de la empresa y establecer las bases para el diseño del CMI, enfatizando en sus cuatro perspectivas: financiera, clientes, procesos internos, y aprendizaje y crecimiento, cada una de ellas dotadas con sus respectivos indicadores con los que se mide el nivel de productividad en la empresa objeto de estudio.

Los resultados obtenidos evidenciaron que la implementación del Cuadro de Mando Integral (CMI) permitió a la empresa Tanilact mejorar su productividad al contar con una herramienta que facilita la medición y seguimiento de indicadores clave en las diferentes áreas de la organización. El CMI diseñado proporcionó una visión integral del desempeño de la empresa, permitiendo identificar áreas de mejora y establecer estrategias para optimizar los procesos internos y la satisfacción del cliente. En las conclusiones, se destacó que el uso del CMI contribuye significativamente a la toma de decisiones informadas y al logro de los objetivos estratégicos de la empresa. Como recomendación, se sugirió la adopción y mantenimiento del Cuadro de Mando Integral como una herramienta de gestión permanente, que permita a la empresa adaptarse a los cambios del entorno y mantener una mejora continua en su productividad.

En el estudio de Lozada Rivera y Puertas Aragon (2024), titulada “Incremento de la productividad en una empresa ganadera láctea de la región Arequipa, Perú, mediante la aplicación de Lean Manufacturing”, se abordó la problemática de ineficiencias en el proceso de ordeño en una empresa ganadera de Arequipa. Estas ineficiencias se manifestaban en tiempos prolongados por ciclo, demoras en las operaciones y mermas en la producción de leche, lo que afectaba negativamente la productividad y rentabilidad

de la empresa. El objetivo principal de la investigación fue evaluar el impacto de la implementación de herramientas de Lean Manufacturing, específicamente la metodología 5S, complementada con Housekeeping y Kanban, en la mejora del proceso de ordeño. Se empleó una metodología aplicada, iniciando con un diagnóstico de la situación actual, seguido de la implementación de las herramientas mencionadas y la medición de los resultados obtenidos. Los autores destacaron que la aplicación de estas herramientas permitió una organización más eficiente del área de trabajo, la estandarización de procesos y la eliminación de actividades que no agregaban valor. Como resultado, se logró una reducción del tiempo por ciclo en 9.59% y un incremento de 12.66% en la productividad, evidenciando la efectividad de estas herramientas en la mejora de procesos en la industria láctea.

Los resultados obtenidos también mostraron una disminución de las demoras en 25% y una reducción de las mermas por volumen de leche producida en 16.28%, gracias a la implementación de controles de salubridad y una limpieza más rigurosa en el área de ordeño. Además, al reducir el tiempo del proceso, el consumo de energía y los insumos utilizados, los costos directos sobre los ingresos descendieron en 9.34%, mejorando así la rentabilidad de la empresa. En las conclusiones, los autores enfatizaron que la aplicación conjunta de las herramientas de Lean Manufacturing no solo mejoró la productividad, sino que también contribuyó a una cultura organizacional orientada a la mejora continua y la eficiencia operativa. Como recomendación, se sugirió mantener y reforzar la implementación de estas herramientas, así como capacitar continuamente al personal en prácticas de mejora continua, para asegurar la sostenibilidad de los resultados alcanzados y fomentar una cultura de excelencia operativa en la empresa ganadera.

En la tesis de Santa Velásquez (2018), titulada “Optimización del sistema de gestión de mantenimiento preventivo - predictivo de activos del proceso de pasteurización de leche de empresa láctea”, se abordó la problemática de fallas recurrentes en equipos críticos de la sección de pasteurización, lo que generaba paros no programados, riesgos de contaminación del producto y costos elevados de

mantenimiento correctivo. El objetivo principal fue establecer un plan de mantenimiento competente que integrara mantenimientos predictivos, mediante análisis de vibraciones y ensayos no destructivos, y mantenimientos preventivos con revisiones de rutina. La metodología incluyó la recolección de datos sobre la gestión de mantenimiento, costos asociados y tipos de mantenimiento aplicados, así como el análisis AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos), para evaluar el estado actual del plan de mantenimiento y proponer su optimización.

Los resultados evidenciaron que la implementación del sistema optimizado de mantenimiento permitió una reducción significativa en los costos de mantenimiento correctivo, al incrementar las actividades de mantenimiento preventivo y predictivo. Esto se tradujo en una mayor confiabilidad y disponibilidad de los equipos, mejorando la estabilidad del proceso de pasteurización y cumpliendo con los requerimientos del mercado industrial. En las conclusiones, se destacó la importancia de aplicar frecuencias de mantenimiento que garanticen el correcto funcionamiento de los equipos y la necesidad de un plan de mantenimiento alineado con las funciones y exigencias de la sección de pasteurización. Como recomendación, se propuso continuar con la optimización del sistema de gestión de mantenimiento, enfocándose en la reducción continua de costos y en la mejora de la eficiencia operativa.

Justificación

El presente trabajo reviste gran importancia porque aborda una problemática crítica en el sector industrial: la deficiente gestión del mantenimiento mediante indicadores clave de desempeño (KPIs), la cual repercute directamente en la productividad y competitividad de la empresa Campo Fino. En un entorno altamente competitivo como el de los productos lácteos, garantizar la continuidad operativa de los equipos resulta fundamental para mantener estándares de calidad, cumplir con los plazos de entrega y reducir pérdidas económicas. La investigación no solo permite diagnosticar fallos en los procesos de mantenimiento, sino también proponer soluciones basadas en datos técnicos y reales, promoviendo así una gestión eficiente, preventiva y estratégica. De este modo, el estudio se convierte en una herramienta indispensable para mejorar los procesos internos, elevar los estándares operativos y fomentar una cultura

organizacional orientada a la mejora continua.

El impacto de este trabajo será significativo en diversos niveles. A nivel empresarial, permitirá a Campo Fino optimizar sus procesos de mantenimiento, reduciendo costos y mejorando su productividad. A nivel laboral, brindará al personal técnico mejores herramientas y conocimientos para la toma de decisiones basadas en indicadores, fortaleciendo sus competencias profesionales. En el ámbito científico, esta investigación aportará al cuerpo teórico-práctico del mantenimiento industrial, al generar datos y análisis que podrán ser replicados o comparados con otras industrias del mismo sector. Desde una perspectiva ambiental, una adecuada gestión del mantenimiento contribuye a una operación más eficiente de los equipos, disminuyendo el consumo energético y el desperdicio de recursos, lo cual reduce la huella ambiental de la empresa. En conjunto, se trata de un estudio integral que generará beneficios concretos, sostenibles y replicables.

Este trabajo será de gran utilidad para la empresa y para futuros estudios relacionados con la gestión de mantenimiento industrial. En el plano operativo, permitirá detectar ineficiencias, establecer puntos críticos de intervención y priorizar acciones de mejora, apoyándose en datos objetivos y trazables. También facilitará el diseño de estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo que disminuyan los tiempos de parada, aumenten la disponibilidad de los equipos y mejoren la planificación de recursos. Además, los resultados del estudio podrán ser utilizados como insumos para la capacitación del personal, la elaboración de manuales técnicos y la implementación de software de gestión como CMMS. Por tanto, su utilidad se manifiesta tanto en la optimización de los procesos internos como en la mejora del desempeño laboral y la innovación en la toma de decisiones.

Los principales beneficiarios de este estudio serán la empresa Campo Fino, sus trabajadores y, de forma indirecta, los clientes y estudiantes universitarios. La empresa obtendrá un sistema más eficiente para controlar sus procesos de mantenimiento, lo que redundará en una mejora sustancial de su productividad y rentabilidad. Los trabajadores de las áreas técnicas se beneficiarán con herramientas claras, formación técnica, y mejores condiciones laborales al reducirse la presión causada por fallas imprevistas y reparaciones de emergencia. Los clientes de la empresa recibirán productos con mayor calidad y cumplimiento en los tiempos de entrega.

Finalmente, los estudiantes y docentes de carreras técnicas e industriales podrán utilizar este estudio como un referente académico y práctico para investigaciones similares, fomentando el desarrollo de conocimientos aplicados en la realidad empresarial ecuatoriana.

Este estudio es técnicamente y científicamente factible, ya que se basa en herramientas y metodologías que se encuentran disponibles y validadas en el ámbito del mantenimiento industrial. La recopilación de información se apoyará en registros históricos, hojas de control de producción, reportes de mantenimiento y entrevistas al personal técnico, los cuales son accesibles dentro de la empresa Campo Fino. Además, se utilizarán herramientas como Excel y software CMMS, ampliamente reconocidos y aplicables para el análisis de indicadores. Desde el punto de vista científico, se fundamenta en teorías comprobadas sobre gestión del mantenimiento, productividad y análisis de KIPS, lo que garantiza un marco conceptual robusto y actual. Por tanto, la disponibilidad de datos, la pertinencia del enfoque metodológico y la aplicabilidad de los instrumentos aseguran la viabilidad total del proyecto.

Objetivo General

Analizar los indicadores clave de rendimiento KIPS del área de mantenimiento mediante procedimientos estadísticos y su incidencia en la productividad de una empresa del sector lácteo.

Objetivos Específicos

- Evaluar los principales KPIS de mantenimiento: MTTR (Tiempo Medio de Reparación), MTBF (Tiempo Medio Entre Fallos), disponibilidad de equipos y el cumplimiento de mantenimiento preventivo y correctivo, mediante el análisis de datos históricos, encaminado a definir una línea base referencial.
- Determinar el impacto que tiene el nivel de cumplimiento y desempeño de los KPIS de mantenimiento, mediante variables, tales como: tiempos de parada, eficiencia operativa y volumen de producción direccionado a la productividad.
- Establecer resultados y efectos de una gestión deficiente o poco optimizada de los KPIS de mantenimiento, a través de datos medibles y análisis técnicos, que tributan de forma negativa en la productividad.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

Área de estudio

Dominio (UTI): Producción y Procesos Industriales.

Línea de investigación (UTI): Gestión de la Producción y Mantenimiento Industrial.

Campo: Ingeniería Industrial

Área: Mantenimiento.

Aspectos: Variables Indicadores clave de mantenimiento (KPIs) y productividad industrial.

Objeto de estudio: Analizar los indicadores clave de rendimiento KPIs del área de mantenimiento y su incidencia en la productividad de una empresa del sector lácteo.

Periodo de análisis: abril 2024 – abril 2025.

Enfoque

La presente investigación adopta un enfoque mixto, ya que combina métodos cuantitativos y cualitativos para lograr un análisis integral sobre los indicadores clave de mantenimiento (KPIs) y su incidencia en la productividad de una empresa láctea. Esta integración metodológica permitirá tanto medir objetivamente el desempeño de los procesos de mantenimiento mediante datos verificables, como interpretar las percepciones y experiencias del personal técnico para comprender las causas subyacentes que influyen en la eficiencia operativa. De esta manera, se busca una comprensión más completa de la problemática, facilitando la formulación de propuestas de mejora que consideren tanto la evidencia empírica como el contexto organizacional.

Enfoque cuantitativo

Desde el enfoque cuantitativo, se analizarán y evaluarán los principales KPIs de mantenimiento como el Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF), el Tiempo Medio de Reparación (MTTR), la disponibilidad de equipos y el cumplimiento del mantenimiento preventivo y

correctivo. Para ello, se utilizarán datos históricos de producción, reportes técnicos de mantenimiento y registros de fallos. Este enfoque permitirá realizar mediciones objetivas, establecer correlaciones estadísticas y proyectar tendencias en relación con la productividad de la empresa, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones.

Enfoque cualitativo

Complementariamente, el enfoque cualitativo permitirá explorar e interpretar los factores técnicos, organizacionales y humanos que influyen en la gestión del mantenimiento. Se llevarán a cabo entrevistas semiestructuradas con personal técnico, de supervisión y mantenimiento, con el objetivo de recoger sus percepciones, identificar prácticas habituales, reconocer limitaciones del sistema actual y recopilar propuestas de mejora. Este enfoque aportará una comprensión contextual sobre las dinámicas internas de la empresa, enriqueciendo el análisis cuantitativo con una visión más humana y organizacional.

Técnica metodológica

Niveles de investigación

El estudio se desarrollará inicialmente en un nivel exploratorio, con el fin de identificar los principales KIPS de mantenimiento utilizados en la empresa láctea. Luego, se realizará un nivel descriptivo para caracterizar el comportamiento de indicadores como el tiempo medio entre fallos (MTBF), el tiempo medio de reparación (MTTR) y la disponibilidad operativa de los equipos. En la fase de asociación de variables, se analizará la relación entre el desempeño de los KIPS de mantenimiento y los niveles de productividad. Finalmente, a través del nivel explicativo, se determinará cómo la gestión de los KIPS incide en los resultados de productividad dentro del proceso productivo de la empresa.

Tipos de investigación

Se aplicará una investigación de campo mediante la recolección directa de datos en las áreas de mantenimiento y producción de la empresa láctea, utilizando herramientas como encuestas, entrevistas y registros internos. También se desarrollará una investigación bibliográfica-documental para fundamentar el análisis, recurriendo a literatura especializada en mantenimiento industrial, indicadores de desempeño y gestión de productividad.

Adicionalmente, se incorporarán elementos de investigación experimental al analizar los resultados de la implementación o ajuste de estrategias de mantenimiento, evaluando su impacto en los indicadores de productividad medidos antes y después de la intervención.

Hipótesis de investigación

Hipótesis alternativa

El análisis de los KIPS de mantenimiento incide de manera significativa en la productividad de la empresa láctea.

Hipótesis nula

El análisis de los KIPS de mantenimiento no incide significativamente en la productividad de la empresa láctea.

Diseño del trabajo.

Tabla 4

Variable Independiente: KPIS de Mantenimiento

Variable	Concepto	Dimensiones	Indicador	Interrogante	Técnicas	Instrumentos
KPIs de Mantenimiento	Métricas claves utilizadas para medir el rendimiento, la eficiencia y la eficacia de los procesos y activos de mantenimiento.	Frecuencia de fallas	Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)	¿Cuál es el número promedio de fallas por mes en los equipos críticos?	Análisis Documental	Registros históricos de fallas y órdenes de trabajo (OT)
		Tiempo de parada por mantenimiento	Tiempo Medio de Reparación (MTTR)	¿Cuál es el tiempo promedio de reparación para las fallas reportadas?	Análisis Documental	Registros de órdenes de trabajo (OT) y logs de intervención
		Porcentaje de disponibilidad operativa	Disponibilidad de equipos	¿Cuál es el porcentaje de operatividad mensual o la disponibilidad real de los equipos?	Observación Directa y Análisis	Registros internos de mantenimiento (disponibilidad), encuestas a técnicos y entrevistas al personal clave.

Nota: La tabla es fundamental para la metodología de la investigación, ya que establece los indicadores específicos que serán medidos y las técnicas e instrumentos (registros internos, encuestas, entrevistas) que se utilizarán para la recolección de datos, garantizando la medición precisa y el análisis del impacto de estas variables en la productividad de la empresa láctea.

Tabla 5

Variable Dependiente: Productividad

Variable	Concepto	Dimensiones	Indicador	Interrogante	Técnicas	Instrumentos
Productividad	Eficiencia con la que la empresa utiliza sus recursos (tiempo, capital, insumos) para generar productos o servicios.	Eficiencia de Producción Diaria	Volumen de producción por turno	¿Cuántos litros o unidades de producto son procesados por turno de trabajo?	Análisis Documental	Reportes de producción diaria y registros de volumen de procesamiento
		Cumplimiento de Metas	Índice de cumplimiento de programación de producción	¿Cuál es el porcentaje de cumplimiento de turnos productivos programados frente a los ejecutados?	Análisis Documental y Observación	Reportes de planificación vs. ejecución y órdenes de fabricación
		Tiempos Muertos	Horas de inactividad no planificada	¿Cuántas horas improductivas (por fallas o paradas) se registran mensualmente?	Observación Directa y Análisis	Registro de paradas de planta, registros de fallas de equipos y reportes de producción

Nota: Los datos recolectados a través de informes de producción y la observación directa servirán para evaluar el impacto de los KPIs de mantenimiento y para justificar las conclusiones sobre la incidencia del mantenimiento en la productividad de la empresa láctea.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Introducción al análisis

El presente capítulo expone el desarrollo integral de la investigación orientada a analizar los indicadores clave de rendimiento (KPIS) del área de mantenimiento y su incidencia en la productividad de una empresa del sector lácteo. En concordancia con los capítulos anteriores, se profundiza en la aplicación de las técnicas cuantitativas y cualitativas planteadas, así como en el procesamiento, análisis e interpretación de los datos recopilados a partir de los registros de mantenimiento de la empresa.

Este análisis se organiza por bloques temáticos que responden directamente a los objetivos específicos de evaluación de KPIS, su impacto en la productividad, y la identificación de efectos derivados de una gestión ineficaz del mantenimiento, específicamente sobre los equipos más críticos de la empresa dentro de un universo de implementos como los descritos en la 0

Tabla 6

Lista de Equipos y su Nivel de Criticidad

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
Thimonnier 1	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Averías muy frecuentes.
Thimonnier 2	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la	Averías muy frecuentes.

			calidad del producto.	
TBA 8	Ha producido accidentes en el pasado.	Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
TBA 19	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Consume una parte importante de los recursos de mantenimiento.
Procesador SPX	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Averías muy frecuentes.
Procesador Steritube	Ha producido accidentes en el pasado.	Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
Tanque Aséptico	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Consume una parte importante de los recursos de mantenimiento.

Nota: Esta tabla presenta una clasificación detallada de los equipos principales de la planta láctea, evaluando su criticidad en función de múltiples criterios: seguridad, impacto en la producción, calidad del producto y gestión de mantenimiento. El análisis de esta tabla guía la discusión sobre cómo la gestión adecuada

de estos activos clave influye directamente en los KPIs de mantenimiento y, por consiguiente, en la productividad general de la empresa.

Sobre los equipos más críticos, definidos en esta investigación, se evaluaron los indicadores KPIS resumidos en la 0 a partir de los registros de mantenimiento, con la finalidad de describir el comportamiento de estos elementos y utilizarlos para mejorar la productividad, buscando aumentar tanto su disponibilidad como su mantenibilidad.

Tabla

7

Resumen de KPIS considerados sobre la gestión.

KPIS	Nombre	Aplicación
1	Disponibilidad Operacional (%)	Medir la eficiencia global de equipos críticos en producción.
2	MTBF (horas/fallas)	Evaluar la confiabilidad y estabilidad técnica del equipo.
3	MTTR (horas/falla)	Medir la capacidad de respuesta del equipo de mantenimiento.
4	TASA DE FALLAS (fallas/hr)	Identificar equipos con mayor frecuencia de paradas.

Nota: El uso de estos indicadores permite una medición cuantitativa y objetiva que será la base para describir el comportamiento de los equipos, identificar áreas de mejora y, en última instancia, demostrar cómo una gestión de mantenimiento eficaz puede incidir directamente en el aumento de la productividad.

Disponibilidad Operacional

En este sentido, se define la disponibilidad operacional como un KPIS clave que permite medir el tiempo efectivo en el que un equipo está disponible para operar en condiciones óptimas frente al tiempo total planificado, cuyo resultado adquiere mayor relevancia si se considera que su uso se justifica como una herramienta estratégica para monitorear, evaluar y optimizar el rendimiento de equipos críticos dentro de procesos industriales sensibles como el alimentario, de acuerdo con estándares como la ISO 55000 y la ISO 14224.

Desde el punto de vista de la producción, este KPIS permite tomar decisiones basadas en datos reales, identificar desviaciones y mejorar continuamente los planes de mantenimiento, por lo que mantener o incluso mejorar el nivel de disponibilidad implica fortalecer el

mantenimiento preventivo y/o predictivo, ya que existe una relación directa entre una alta disponibilidad y una menor frecuencia de fallas. Esto se traduce en mayor productividad, reducción de costos operativos y garantía de calidad en el producto final, factores cruciales en el sector lácteo donde cualquier interrupción puede comprometer la inocuidad y consistencia del producto.

Por tanto, la inclusión y análisis de KPIS como la Disponibilidad Operacional no solo es relevante desde el punto de vista técnico, sino también estratégico, ya que permite priorizar recursos, aumentar la confiabilidad de los equipos y sostener la competitividad de la empresa en el mercado (Mora, 2020). De esta manera se puede escribir la Disponibilidad operacional como.

$$\text{Disponibilidad Operacional (\%)} = \left(\frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo Total Planificado}} \right) \times 100 \quad \text{Ecuación ... (1)}$$

MTBF – Mean Time Between Failures (Tiempo Medio Entre Fallas)

El MTBF (Mean Time Between Failures), o Tiempo Medio Entre Fallas, es un indicador clave en la gestión del mantenimiento que mide la confiabilidad de un activo o equipo reparable, representando el tiempo promedio que transcurre entre una falla y la siguiente. Desde el punto de vista operacional, un valor de MTBF alto indica que el equipo es más confiable y que las fallas ocurren con menos frecuencia, lo que lo hace fundamental para cualquier estrategia de mantenimiento proactivo, ya que permite predecir el comportamiento del equipo y optimizar los recursos.

Este comportamiento positivo permite reducir la necesidad de intervenciones correctivas constantes y planificar con mayor precisión las acciones de mantenimiento, generando impactos favorables en la eficiencia del proceso productivo y en los costos asociados a paradas no programadas (Puluc, 2023). El MTBF se calcula dividiendo el tiempo total de operación de un activo por la cantidad de fallas que ha experimentado en ese período. La fórmula es la siguiente:

$$\text{Fórmula: } MTBF = \frac{\text{Tiempo total de Operación}}{\text{Número de Fallas}} \quad \text{Ecuación ... (2)}$$

Importancia y Aplicaciones del MTBF

El cálculo y análisis del MTBF son cruciales para:

Evaluar la confiabilidad: Permite comparar la confiabilidad de diferentes equipos, modelos o fabricantes. Un MTBF más alto generalmente significa un equipo más robusto.

Planificar el mantenimiento: Al conocer el MTBF, los gestores pueden programar intervenciones de mantenimiento preventivo de manera más efectiva. En lugar de realizar mantenimiento basado en el tiempo (por ejemplo, cada 300 horas), pueden usar el MTBF para planificarlo de forma más predictiva, justo antes de que se anticipe una nueva falla.

Reducir costos: Un MTBF alto se traduce en menos paradas no programadas y, por ende, en una reducción de los costos asociados a la reparación, la pérdida de producción y la mano de obra correctiva.

Gestión de inventarios: Ayuda a determinar la cantidad de repuestos que se deben tener en stock. Si se conoce el MTBF de un componente, se puede prever cuándo será necesario reemplazarlo, optimizando el inventario y evitando el exceso o la escasez de piezas.

Mejora continua: El MTBF es un indicador de rendimiento que permite medir el impacto de las acciones de mejora. Si, después de una modificación o una mejora en el mantenimiento, el MTBF aumenta, significa que la estrategia está funcionando.

MTTR – Mean Time to Repair (Tiempo Medio de Reparación)

El MTTR (Mean Time to Repair), o Tiempo Medio de Reparación, es un indicador ampliamente utilizado en la gestión del mantenimiento, ya que mide la facilidad de mantenimiento (o mantenibilidad) de un activo o equipo, reflejando el tiempo promedio que se tarda en reparar un activo y devolverlo a un estado completamente funcional después de una falla.

Desde el punto de vista de la disponibilidad, un MTTR bajo es altamente deseable, ya que indica que las reparaciones son rápidas y eficientes, lo que minimiza el tiempo de inactividad y se considera una forma eficaz de evaluar la eficacia del proceso de reparación de fallas, reflejando el tiempo promedio requerido para que un equipo vuelva a operar tras una

avería. No obstante, esta cifra aún podría manejarse mediante mejoras en la logística de repuestos, capacitación técnica y estandarización de procedimientos, lo que contribuiría directamente a disminuir los tiempos muertos y, por ende, a incrementar la disponibilidad global del sistema productivo (Veloz, 2022). El MTTR se calcula dividiendo el tiempo total dedicado a las reparaciones de un activo por la cantidad de reparaciones que se realizaron en ese período. La fórmula es la siguiente:

$$\text{Fórmula: } MTTR = \frac{\text{Tiempo total de Reparación}}{\text{Número de Reparaciones}} \quad \text{Ecuación ... (3)}$$

Es importante destacar que el "tiempo de reparación" incluye no solo el tiempo que los técnicos pasan trabajando directamente en el equipo, sino también el tiempo de diagnóstico de la falla, la espera de repuestos, el traslado del personal y las pruebas necesarias para verificar que el equipo está operativo nuevamente.

Importancia y Aplicaciones del MTTR

El cálculo y análisis del MTTR son cruciales para:

Medir la mantenibilidad: Permite evaluar la eficiencia de los procesos de reparación. Un MTTR bajo sugiere que las reparaciones son rápidas y que el equipo es relativamente fácil de mantener.

Optimizar la disponibilidad: Junto con el MTBF, el MTTR es un componente fundamental para calcular la disponibilidad de un activo. Reducir el MTTR es una de las formas más efectivas de aumentar la disponibilidad, ya que el equipo pasará menos tiempo fuera de servicio después de una falla.

Identificar áreas de mejora: Un MTTR alto en un equipo puede indicar problemas en la gestión de repuestos, falta de capacitación del personal, o procesos de diagnóstico ineficientes. Analizar el MTTR permite identificar estas debilidades y desarrollar planes de mejora específicos.

Evaluar el rendimiento del personal: Sirve como métrica para evaluar la eficacia del equipo de mantenimiento, permitiendo identificar la necesidad de formación o herramientas especializadas para reducir los tiempos de reparación.

Gestión de costos: Un MTTR bajo se traduce directamente en una reducción de los costos de mano de obra por reparación y, lo que es más importante, en una disminución de los costos asociados a la pérdida de producción por paradas no programadas.

Tasa de fallas

La Tasa de Fallas (Failure Rate), a menudo denotada por la letra griega lambda (λ), es un indicador fundamental en la gestión de activos y la confiabilidad, midiendo la frecuencia con la que ocurren fallas en un equipo o sistema durante un período específico. En términos sencillos, cuantifica la probabilidad de que un activo falle en un momento dado. Una Tasa de Fallas alta indica que un equipo es propenso a fallar con frecuencia, mientras que una baja sugiere que es más confiable.

Si bien este KPIS no aparece comúnmente, su importancia se destaca al identificar los equipos que más interrumpen la cadena de producción, ya que una Tasa de fallas elevada señala posibles deficiencias en el diseño del equipo, en la calidad de los repuestos o en la estrategia de mantenimiento aplicada. Por ello, monitorear este indicador permite priorizar acciones correctivas, como rediseños técnicos o la aplicación de mantenimiento predictivo, para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los activos (Bohorquez y Lopez, 2021). La Tasa de Fallas se calcula dividiendo el número total de fallas de un activo entre el tiempo total de operación del mismo. La fórmula es la siguiente:

$$\text{Fórmula: } \lambda = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Tiempo total de operación}} \quad \text{Ecuación ... (4)}$$

Importancia y Aplicaciones de la Tasa de Fallas

La Tasa de Fallas es un KPI vital para:

Identificar activos problemáticos: Permite detectar rápidamente qué equipos tienen la mayor incidencia de fallas y, por lo tanto, son los que más interrumpen la producción. Al enfocarse en estos equipos de alta tasa de fallas, se pueden priorizar las acciones de mejora.

Evaluar el estado de vida útil: Es un componente esencial para el análisis de la Curva de la Bañera. Esta curva, que describe la Tasa de Fallas a lo largo de la vida útil de un producto, tiene tres fases:

- Fallas tempranas (mortalidad infantil): Tasa de fallas alta y decreciente.
- Vida útil (fase de fallas aleatorias): Tasa de fallas constante y baja.
- Fallas por desgaste (fase de envejecimiento): Tasa de fallas alta y creciente.

Al monitorear la Tasa de Fallas, se puede determinar en qué fase de su vida útil se encuentra un equipo.

Tomar decisiones estratégicas: Una Tasa de Fallas persistentemente alta puede ser una señal de que el diseño del equipo es deficiente, que la calidad de los componentes es baja, o que la estrategia de mantenimiento actual no es efectiva. Esto justifica tomar acciones como el rediseño del equipo, la mejora de los procedimientos de mantenimiento o el cambio de proveedores de repuestos.

Priorizar acciones correctivas: Al comparar las Tasas de Fallas de diferentes activos, los gestores de mantenimiento pueden priorizar los recursos y los esfuerzos en los equipos que representan el mayor riesgo para la producción. Esto puede llevar a la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo o de programas de mejora de la confiabilidad más sofisticados.

Evaluación de los principales KPIS de mantenimiento

El análisis de los indicadores clave de desempeño de mantenimiento para los equipos en el periodo comprendido entre abril del 2024 y abril del 2025 permitió evaluar los rendimientos operativos y la fiabilidad de los equipos en el área producción de planta de producción basado en los datos mensuales y trimestrales de disponibilidad, tiempo productivo, tiempo no productivo, tiempo de fallas y tiempo de reparación, a los que se les aplicó un análisis de Weibull para la Optimización de KPIS de Mantenimiento, con el objetivo de identificar las tendencias en áreas de mejoras y proponer acciones estratégicas que optimicen el desempeño de los equipos

Análisis de Weibull

El análisis de Weibull emerge como una herramienta estadística superior, ofreciendo un marco predictivo que trasciende las limitaciones de las métricas promedio. Esta metodología permitió modelar el comportamiento de fallas dependiente del tiempo, identificar el modo de

falla predominante de un activo y, en consecuencia, optimizar las estrategias de mantenimiento.

De esta manera se profundiza en los fundamentos de la distribución de Weibull y su aplicación práctica, demostrando cómo sus parámetros clave como el parámetro de forma (β), el de escala (η) y el de localización (γ), proporcionan información crucial para la toma de decisiones estratégicas. Así mismo, el análisis de Weibull no solo permite calcular un MTBF más robusto y contextualizado, sino que también sirve como el motor analítico para justificar y planificar el mantenimiento y su mejor estrategia, dado que su integración con sistemas de gestión de mantenimiento (GMAO) y metodologías avanzadas como el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y el Mantenimiento Productivo Total (TPM) es clave para reducir los costos operativos, minimizar el tiempo de inactividad no planificado y maximizar la confiabilidad y la productividad de los activos.

La interpretación de un MTBF simple como un "promedio de vida" puede ser engañosa, ya que asume una tasa de fallas constante. El análisis de Weibull ofrece una reinterpretación más robusta y contextualizada de estas métricas, calculando un MTBF que está directamente influenciado por el modo de falla (β) y la vida característica (η). La fórmula para calcular el MTBF a partir de los parámetros de Weibull es:

$$\text{Fórmula: } MTBF = \eta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad \text{Ecuación ... (2)}$$

A diferencia de un promedio simple, este MTBF derivado de Weibull es un indicador más preciso del tiempo de vida esperado y puede usarse para la planificación de mantenimiento. Por ejemplo, en un caso con un $\beta > 1$, este cálculo refleja el impacto del desgaste en el tiempo de vida esperado. Se debe hacer la distinción entre MTBF (para sistemas reparables) y MTTF (para sistemas que se reemplazan tras una falla).

Análisis de KPIS mensuales

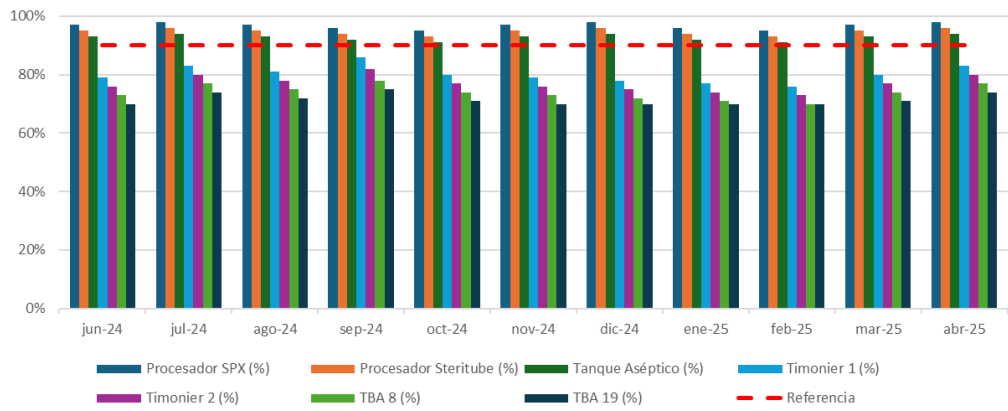
A nivel mensual, los datos han reflejado el comportamiento de los equipos en términos de horas totales, disponibilidad, tiempo productivo y tiempo no productivo, observándose variaciones en las horas totales de operación, que oscilaron entre 3.4 y 7.2 horas mensuales, en función de las necesidades operativas.

La disponibilidad de los equipos ha mostrado una tendencia decreciente en general, con valores más altos registrados en los meses iniciales, de abril a septiembre de 2024, y una disminución progresiva hacia los meses de diciembre de 2024 a enero de 2025. Este descenso ha sido particularmente notable en los equipos TBA 8 y TBA 19, los cuales han alcanzado disponibilidades mínimas del 70% y 72% en varios meses.

Algunos equipos como el Thimonnier 1 ha presentado el mejor desempeño en términos de disponibilidad, con un promedio mensual que ha variado entre el 76% y el 86%, destacándose el mes de septiembre de 2024 con un 86%. Por el contrario, el equipo TBA 19 ha mostrado consistentemente la menor disponibilidad, con un rango del 70% al 75%, lo que ha sido atribuido a una mayor incidencia de paradas no planificadas. En cuanto al tiempo no productivo, que incluye inactividad por mantenimiento correctivo o fallas, se ha registrado un máximo de 216 horas en el TBA 19 en abril de 2024, mientras que el Thimonnier 1 ha mantenido tiempos más bajos, con un mínimo de 68 horas en abril de 2025.

Figura 2

Variación de la disponibilidad de los equipos



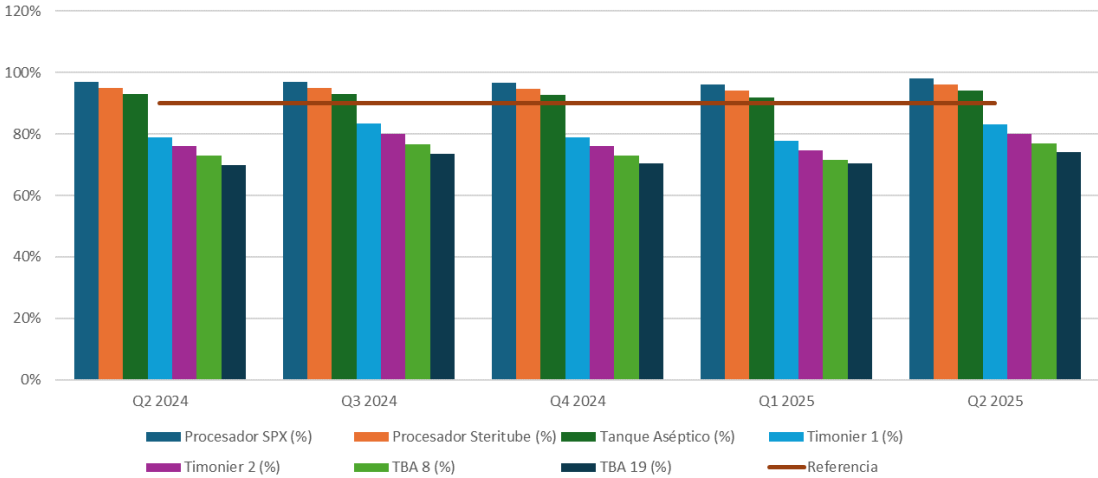
Nota: Los datos presentados son cruciales para el análisis de los KPIs, ya que evidencian una tendencia general decreciente en la disponibilidad, con notables diferencias entre equipos como el Thimonnier 1, que demuestra un rendimiento superior, y el TBA 19, que muestra una disponibilidad consistentemente baja.

De esta manera se destaca que los equipos que requieren ser intervenidos y evaluados pertenecen a las unidades TBA 8 y 19 y a los equipos Thimonnier 1 y 2 ya que son los que presentan un comportamiento por debajo de la línea de referencia del 90% de disponibilidad requerida.

Análisis trimestral por equipos

El análisis trimestral ha proporcionado una visión consolidada del desempeño, incorporando métricas de confiabilidad como el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF), el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) y la Tasa de Fallas como el mostrado. Para comprender por qué algunos equipos tienen una disponibilidad más baja que la referencia, el análisis se profundizó incorporando métricas de confiabilidad y mantenibilidad, lo que permite ir más allá del simple porcentaje de disponibilidad para entender las causas subyacentes del rendimiento:

Figura 3
Variación de la disponibilidad por trimestre



Nota: Esta figura consolida el análisis de disponibilidad de los equipos críticos en periodos trimestrales, lo que permite observar tendencias de rendimiento a largo plazo. A diferencia del análisis mensual, esta visualización ofrece una perspectiva más amplia sobre cómo métricas de confiabilidad como el MTBF y el MTTR influyen en la disponibilidad. La figura es fundamental para identificar los equipos con un rendimiento consistentemente bajo (como el TBA 19) y para justificar la necesidad de estrategias de mantenimiento específicas para mejorar la

productividad.

Thimonnier 1

La disponibilidad del equipo evaluado experimentó un descenso notable al 68% en el Q4 de 2024, coincidiendo con un drástico aumento en el MTTR, que se disparó a 183.7 horas por falla, lo que sugiere que las reparaciones en ese período fueron excepcionalmente prolongadas. En contraste, en el Q1 de 2025 se alcanzó la máxima disponibilidad del 93%, a pesar de que el MTTR se mantuvo alto en 117.5 horas por falla. Este patrón indica que, aunque las reparaciones seguían siendo largas, la frecuencia de las fallas se redujo considerablemente como se refleja en la **Tabla 8**. Estos datos fueron evaluados directamente a partir de los registros de mantenimiento, en total 54 registros validos que fueron ordenados y tabulados de acuerdo al procedimiento de trabajo de Weibull y modelados como se ve reflejado a continuación. A partir de los cuales se obtuvieron los detalles de forma y vida útil del equipo como se observa en la **Figura 5**.

Tabla 8

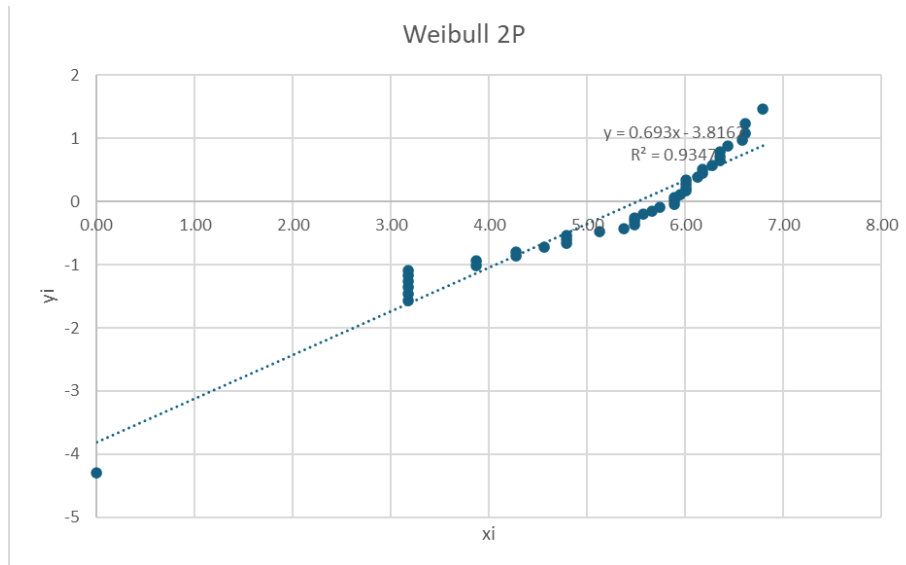
Distribución trimestral promedio de los indicadores en la unidad Thimonnier 1

Equipo	Período	MTTR (h/falla)	MTBF (h/falla)	Disponibilidad (%)	Horas Totales	Tiempo No Productivo (h)	Tiempo Productivo (h)
EC02LL10060100	Q2 2024	54.0	1464.0	76%	1820	291.20	1528.80
	Q3 2024	67.1	2904.0	78%	1720	292.40	1427.60
	Q4 2024	183.7	6288.0	68%	1150	253.00	897.00
	Q1 2025	117.5	2352.0	93%	1100	253.00	847.00
Promedio		422.3	13008.0	76%	5790	1089.6	4700.4

Nota: Este desglose proporciona una evidencia clave para el análisis, ya que correlaciona directamente las métricas de confiabilidad y mantenibilidad con la disponibilidad operativa del equipo, justificando así la importancia de una gestión de mantenimiento proactiva para mejorar la productividad.

Figura 4

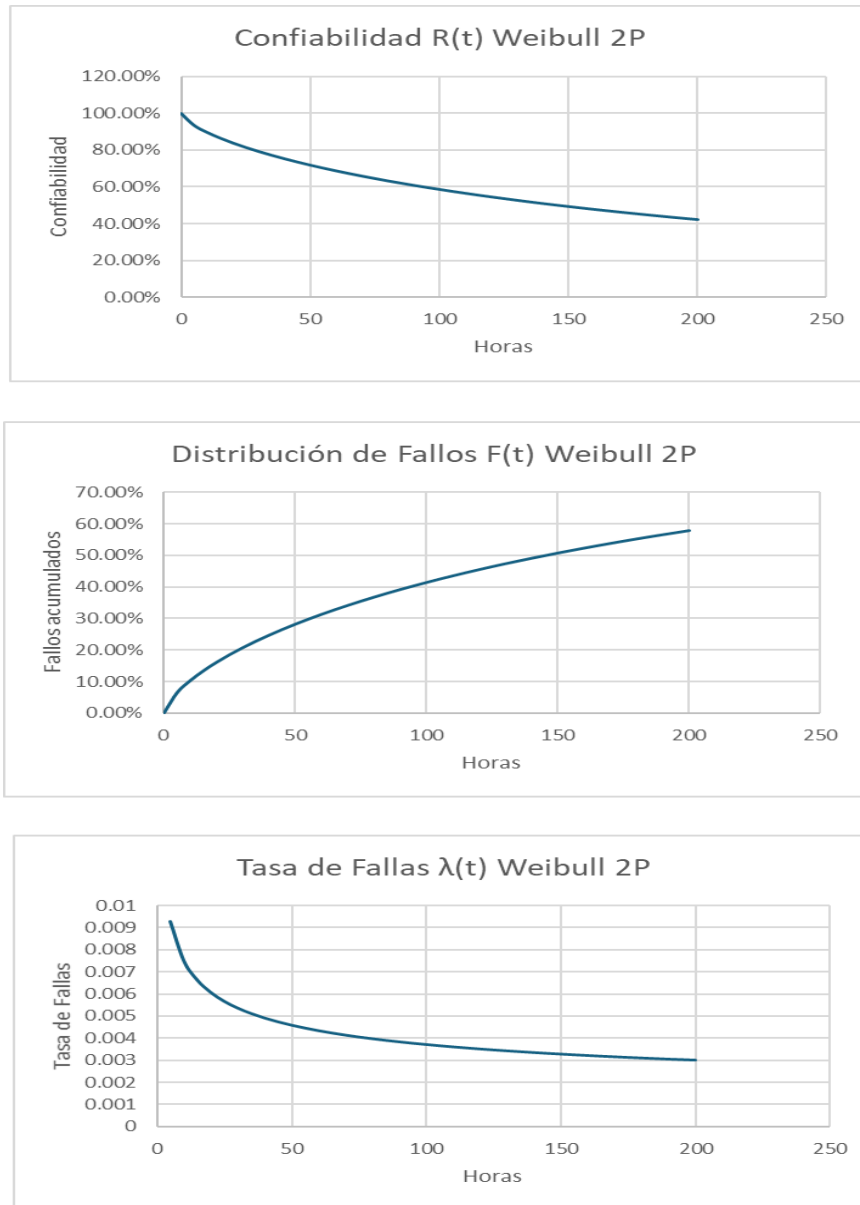
Distribución de datos en análisis Weibull TH1



Nota: Esta figura muestra la distribución de los datos de falla para el equipo Thimonnier 1 (TH1) utilizando el análisis de Weibull. El gráfico es crucial para la investigación ya que, a través de la representación de los datos, se puede determinar el parámetro de forma (β) y el parámetro de vida útil (η) del equipo. La forma de la curva indica el tipo de comportamiento de fallas (fallas tempranas, aleatorias o por desgaste) y permite predecir la vida útil restante, lo cual es fundamental para el desarrollo de estrategias de mantenimiento predictivo y proactivo, optimizando así la confiabilidad y la productividad.

Figura 5

Parámetros de características de la TH1.



Nota: Esta figura detalla los parámetros de forma (β) y de vida útil (η) obtenidos del análisis de Weibull para el equipo Thimonnier 1. El valor del parámetro de forma (β) es crucial, ya que indica el tipo de

comportamiento de fallas del equipo; si $\beta > 1$, las fallas están aumentando con el tiempo, lo que sugiere un desgaste progresivo, mientras que si $\beta < 1$, las fallas son tempranas. Por su parte, el valor de vida útil (η) representa la vida característica del equipo

Thimonnier 2

La **Tabla 9** presenta la distribución trimestral de los indicadores de rendimiento para el equipo TH2, ofreciendo una visión clara de su desempeño a lo largo de cuatro trimestres. A continuación, se presenta un análisis detallado de las tendencias y los factores que influyen en su rendimiento.

La disponibilidad del equipo, con un promedio del 76% en el período analizado, muestra una alta volatilidad. Tras un excelente 97% en el Q2 de 2024, se desplomó al 60% en el Q3 de 2024, para luego recuperarse significativamente en los trimestres siguientes, alcanzando el 83% en el Q1 de 2025.

El MTTR (Tiempo Medio de Reparación) es un factor clave en esta variabilidad. Un MTTR bajo de 34.97 horas/falla en el Q2 de 2024 se correlaciona con la alta disponibilidad de ese trimestre. Sin embargo, en el Q3 de 2024, el MTTR se duplicó a 71.35 horas/falla, contribuyendo directamente a la caída de la disponibilidad. El pico más alto de MTTR se registró en el Q4 de 2024 con 151.78 horas/falla, lo que indica que las reparaciones fueron extremadamente prolongadas, aunque el impacto en la disponibilidad fue mitigado por otros factores.

Tabla 9

Distribución trimestral promedio de los indicadores en la unidad Thimonnier 2

Equipo	Período	MTTR (h/falla)	MTBF (h/falla)	Disponibilidad (%)	Horas Totales	Tiempo No Productivo (h)	Tiempo Productivo (h)
EC02LL10060300	Q2 2024	34.97	1776.00	97%	1820	345.8	1474.2
	Q3 2024	71.35	2328.00	60%	1720	344	1376
	Q4 2024	151.78	2112.00	79%	1150	276	874
	Q1 2025	94.95	1944.00	83%	1100	286	814
Total		353.04	8160.00	76%	4690	965.8	3724.2

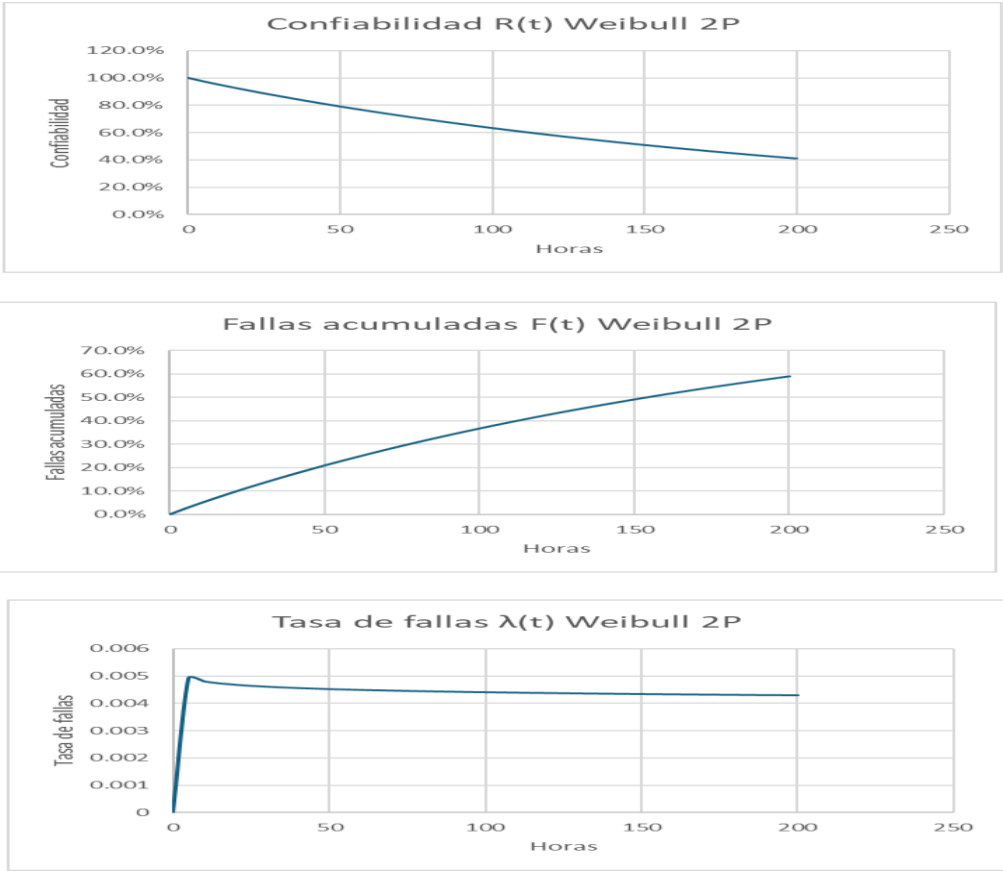
Nota: Esta tabla presenta el análisis trimestral del equipo Thimonnier 2 (TH2), revelando una notable

volatilidad en sus indicadores de rendimiento. La fluctuación en la Disponibilidad se correlaciona directamente con el comportamiento del Tiempo Medio de Reparación (MTTR), demostrando que los picos en el MTTR, como el de 151.78 horas por falla en el Q4 de 2024, tienen un impacto significativo en la disponibilidad, a pesar de que la frecuencia de las fallas pueda ser menor.

Los datos evaluados para esta maquina de tomaron a partir de 37 registros validos obtenidos durante el periodo a revisar y manejados de acuerdo a la metodologia impuesta para la verificación del compotamiento de la maquina como se ve en la **Figura 6**.

Figura 6

Parámetros de característicos de la TH2



Nota: En conjunto, estos datos son fundamentales para justificar la implementación de un mantenimiento predictivo que permita optimizar la disponibilidad y la productividad, reduciendo los tiempos de inactividad no planificados.

TBA 8

La **Tabla 10** ~~¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.~~ muestra un análisis trimestral del equipo TBA8, revelando tendencias importantes en su desempeño, particularmente en las métricas de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad, en la que se muestra que la disponibilidad del equipo fluctuó notablemente a lo largo de los trimestres, con un promedio del 87%. Esto es un buen indicador, pero el análisis trimestral revela un comportamiento errático.

Al mismo tiempo se observa una caída significativa del MTTR (Tiempo Medio de Reparación) de 180.74 horas/falla en el Q4 de 2024 a 144.01 horas/falla en el Q1 de 2025. Este descenso en el tiempo de reparación contribuyó a la mejora de la disponibilidad del 85% al 88% en esos trimestres. Sin embargo, un MTTR promedio de 144.01 h/falla sigue siendo muy elevado, sugiriendo que las reparaciones son prolongadas y que existen oportunidades de mejora en la eficiencia del mantenimiento.

Cabe destacar que el pico del MTTR que se registró en el Q4 de 2024, con 180.74 h/falla, es extremadamente alto y, aunque no impactó negativamente la disponibilidad gracias a un MTBF elevado, representa una gran ineficiencia en los procesos de reparación.

Tabla 10

Distribución trimestral promedio de los indicadores en la unidad TBA8

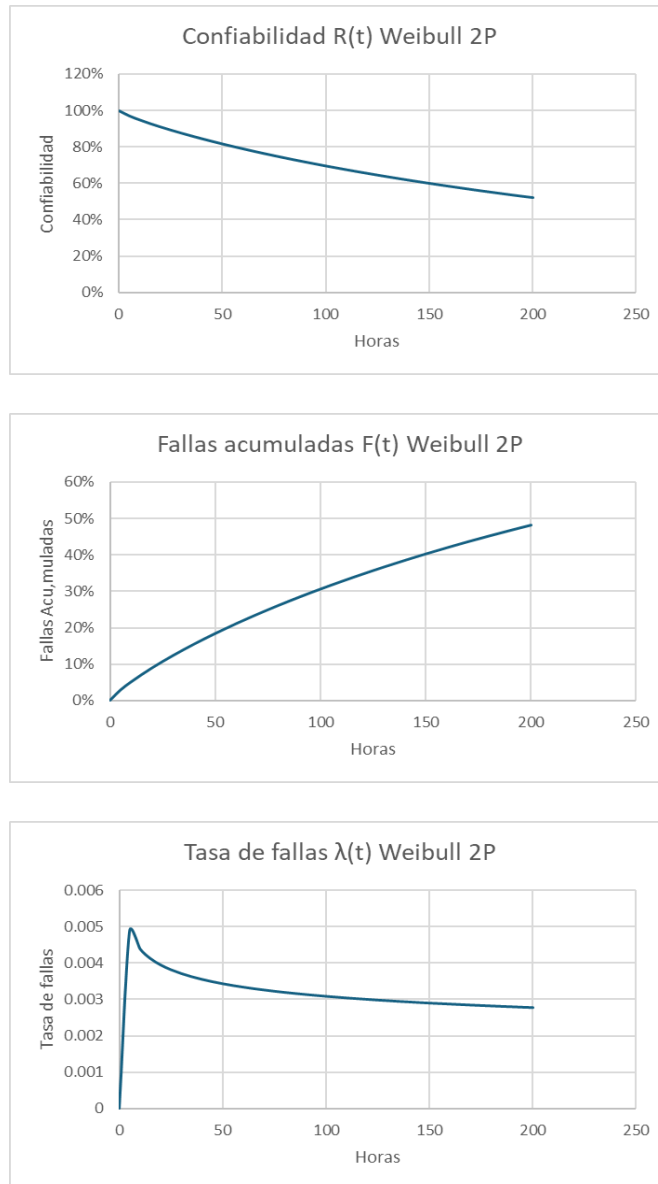
Equipo	Período	MTTR (h/falla)	MTBF (h/falla)	Disponibilidad (%)	Horas Totales	Tiempo No Productivo (h)	Tiempo Productivo (h)
EC02LL10050100	Q2 2024	30.25	1416.00	73%	1820	400.40	1419.60
	Q3 2024	45.84	2928.00	95%	1720	395.60	1324.40
	Q4 2024	180.74	4152.00	85%	1150	299.00	851.00
	Q1 2025	144.01	4008.00	88%	1100	308.00	792.00
Total		400.85	12504.00	87%	4690	1095	3595

Nota: A pesar de una disponibilidad promedio general del 87%, el análisis revela un comportamiento errático. Es fundamental observar que, aunque las reparaciones se volvieron más rápidas en el Q1 de 2025 (disminución del MTTR), el tiempo promedio de 144.01 horas por falla sigue siendo muy alto, lo que evidencia una ineficiencia significativa en los procesos de mantenimiento.

En este sentido se muestran los datos trabajados de 46 registros validos obtenidos

Figura 7

Parámetros de característicos de la TBA8.



durante el mantenimiento de los equipos y que son resumidos en la **Tabla 10**

Nota: un β superior a 1 indica que el riesgo de falla aumenta con el tiempo, lo que sugiere que las fallas

están relacionadas con el desgaste gradual. Por otro lado, el parámetro de vida útil (η) sirve para estimar la vida operativa esperada del equipo.

TBA 19

El equipo descrito en la **Tabla 11** inició el período con una baja disponibilidad del 49% en el Q2 de 2024, pero experimentó una mejora significativa y constante, alcanzando un pico de 91% en el Q4 de 2024. Sin embargo, en el Q1 de 2025, la disponibilidad disminuyó a 75% de manera que esta volatilidad resalta la necesidad de estabilizar el rendimiento.

De igual manera, a pesar de la mejora en la disponibilidad, el MTTR (Tiempo Medio de Reparación) mostró una tendencia alarmante. Aumentó de 94.55 horas/falla en el Q2 de 2024 a 333.08 horas/falla en el Q4 de 2024, antes de bajar ligeramente a 224.88 horas/falla en el Q1 de 2025. Un MTTR tan elevado sugiere serias ineficiencias en los procesos de reparación, como la falta de repuestos, personal no capacitado o diagnósticos lentos.

Tabla 11

Distribución trimestral promedio de los indicadores en la unidad TBA19.

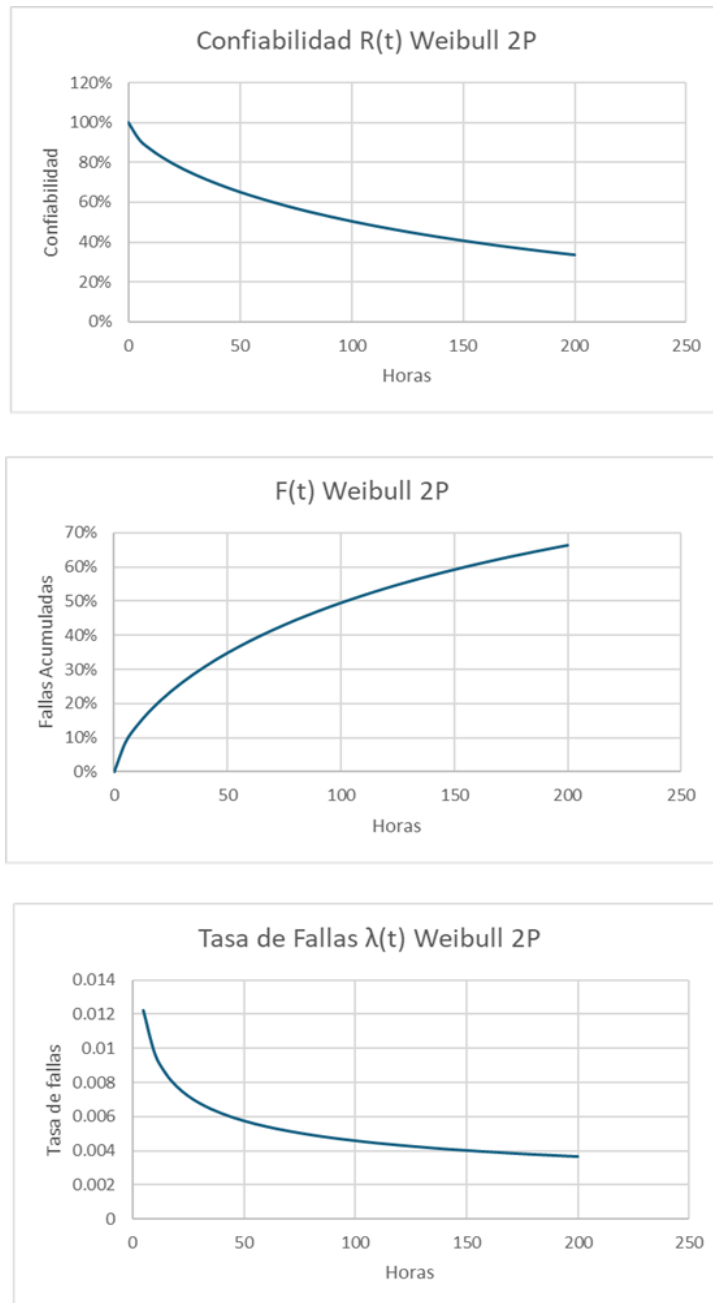
Equipo	Período	MTTR (h/falla)	MTBF (h/falla)	Disponibilidad (%)	Horas Totales	Tiempo No Productivo (h)	Tiempo Productivo (h)
EC02LL10050200	Q2 2024	94.55	1416.00	49%	1820	455.00	1365.00
	Q3 2024	193.03	5760.00	78%	1720	447.20	1272.80
	Q4 2024	333.08	7752.00	91%	1150	322.00	828.00
	Q1 2025	224.88	5616.00	75%	1100	330.00	770.00
Total		845.55	20544.00	78%	4690	1095	3595

Nota: Esta tabla proporciona un análisis detallado del rendimiento trimestral del equipo TBA19, mostrando una significativa volatilidad. A pesar de que la Disponibilidad mejoró notablemente a lo largo del año, alcanzando un pico del 91% en el Q4 de 2024, el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) mostró una tendencia alarmante, aumentando hasta 333.08 horas por falla. Esta divergencia es crítica para la tesis, ya que demuestra que la alta disponibilidad no siempre es sinónimo de eficiencia en el mantenimiento.

Los registros manejados para este equipo fueron procesados y analizados bajo el modelo de Weibull verificando su comportamiento y presentándolos en la **Figura 8** de manera que se puede rescatar el comportamiento estadístico de dicho equipo.

Figura 8

Parámetros de característicos de la TBA19



Nota: En conjunto, estos datos son cruciales para optimizar la confiabilidad y la productividad del equipo, convirtiendo los datos de fallas en información valiosa para la toma de decisiones.

Análisis de modos de Falla y efectos (AMFE)

El Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMFE) inicial ha identificado los puntos más vulnerables en la operación de los equipos. Un hallazgo relevante en la Thimonnier 1 es el desgaste mecánico de las cuchillas, el cual es un problema recurrente que provoca cortes imprecisos, lo que no solo afecta la calidad del producto final, sino que también genera un significativo desperdicio de material. Aunque su tasa de fallas inicial sugiere una gravedad moderada, la alta frecuencia del problema y la dificultad para detectarlo a tiempo resaltan la necesidad de implementar un programa de mantenimiento predictivo más riguroso.

Por otra parte, la Thimonnier 2 presenta una falla crítica en su sistema hidráulico, la cual provoca paradas completas de la producción, impactando directamente en la eficiencia operativa. Con una tasa de fallas constante, se ha determinado que la solución más efectiva es la instalación de sensores de presión para monitorear el sistema en tiempo real. Adicionalmente, se recomienda aumentar la frecuencia de lubricación para prevenir futuras fallas y prolongar la vida útil de los componentes.

En el caso del TBA 8, el principal problema radica en el sobrecalentamiento del motor principal. Con una tasa de fallas caracterizada por un ciclo de vida de uso normal, este inconveniente requiere una atención prioritaria para evitar daños mayores, siendo las acciones propuestas para mitigar este riesgo la implementación de un monitoreo de vibraciones y la programación de un overhaul periódico del motor. Estas medidas no solo abordarán la causa del problema, sino que también mejorarán la fiabilidad general del equipo.

Finalmente, el TBA 19 muestra la problemática más grave de todas, con errores constantes en su sistema de sensores que le otorgan la tasa de fallas más alta, con un valor de 432. Para contrarrestar esta situación, se ha determinado que la calibración semanal de los sensores y la capacitación continua del personal son esenciales. Estas intervenciones son cruciales para garantizar la precisión de los sensores y reducir la incidencia de errores que impactan negativamente en la productividad.

Tabla 12

Análisis modo de falla (AMEF) inicial.

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO Y SUS EFECTOS (AMFE) - PROCESO								
Departamento: Operaciones			Elaborado por: Equipo de Operaciones					
Planta: Producción			Revisado por: Supervisor de Producción					
Área: Envase			Aprobado por: Gerente de Planta					
Componente o Sistema	Modo de Fallo	Efecto de la Falla	Causas Probables	S	O	D	TASA DE FALLAS Inicial	Acciones Recomendadas
Thimonnier 1	Desgaste mecánico en cuchillas	Corte impreciso, desperdicio de material	Uso prolongado sin mantenimiento, material de baja calidad	7	6	7	294	Programar mantenimiento predictivo con análisis de desgaste; usar cuchillas de mayor resistencia.
Thimonnier 2	Falla en el sistema hidráulico	Parada completa del equipo, retrasos significativos	Fugas, falta de lubricación	8	6	7	336	Instalar sensores de presión hidráulica; aumentar frecuencia de lubricación y revisión de sellos.
TBA 8	Falla en el motor principal	Parada de línea, alto impacto en producción	Sobrecalentamiento, desgaste del motor	8	6	7	384	Implementar monitoreo de vibraciones y temperatura; planificar overhaul del motor cada 6 meses.
TBA 19	Error en el sistema sensores de tuberías	Caída de programa, tiempos improductivos	Descalibración, fallo en sensores, daño en sensores	9	6	8	432	Calibrar sensores semanalmente; capacitar al personal en detección temprana de descalibraciones.

Nota: La tabla identifica los modos de falla específicos (por ejemplo, desgaste mecánico, falla en el

sistema hidráulico) y sus efectos directos en la producción. Al asignar puntuaciones de Severidad (S), Ocurrencia (O) y Detección (D), se calcula un Número de Prioridad de Riesgo (NPR), que en tu caso es la "Tasa de Fallas Inicial".

El análisis de los KPIS de mantenimiento revela que el Thimonnier 1 es el equipo con mejor desempeño, aunque presente una disminución en la disponibilidad y el aumento en el MTTR en los últimos trimestres, mientras que el TBA 19 Muestra el mayor desafío con disponibilidades consistentemente bajas y altos tiempos no producidos lo que impacta significativamente la productividad. Los valores de la tasa de fallas indica un aumento en el riesgo operativo especialmente en el trimestre 1 del 2025 donde todos los equipos presentan picos en este indicador, para mejorar el desempeño se recomienda implementar las acciones propuestas en el AMFE priorizando el mantenimiento predictivo para el Thimonnier 1, la instalación de sensores en Thimonnier 2 y TBA8 al igual que la calibración frecuente de TBA 19 es crucial para capacitar al personal operativo en la detección temprana de fallas y optimizar los procesos de mantenimiento para reducir el MTTR.

Estas medidas no solo mejoran la disponibilidad y la productividad, sino que también mitigan los riesgos asociados a los modos de fallo identificados y contribuyendo a la eficiencia operativa de la planta.

Análisis de indicadores KPIS de mantenimiento para los equipos seleccionados (abril 2024-abril 2025)

EL presente análisis evalúa los indicadores clave de desempeño (KPIS) de mantenimiento de los equipos Thimonnier 1, Thimonnier 2, TBA 8 y TBA 19 en el área de producción de la planta, durante el periodo de abril 2024 a abril del 2025. Este estudio integra análisis cuantitativos como la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, correlación de Pearson tendencias históricas y benchmarking, junto con hallazgos cualitativos derivados de entrevistas y un análisis FODA. También se incluye una matriz de criticidad para priorizar los equipos según su impacto operativo. El objetivo es identificar tendencias, áreas de mejora y proponer estrategias para optimizar las disponibilidades y productividad de los equipos seleccionados.

Thimonnier 1

El análisis biparamétrico de la unidad, basado en la distribución de Weibull, ofrece una

visión completa sobre la fiabilidad del equipo Thimonnier 1, cuyos datos se reflejan en la **Tabla 13**. El parámetro de forma (β) planteado de 0.693 es un hallazgo clave, ya que al ser menor que 1, indica que la tasa de fallo está disminuyendo con el tiempo. Este parámetro se determina mediante la pendiente de la distribución de las horas de falla o de tiempo para reparar que ha sido registrado por el departamento de mantenimiento, y se asocia en esta oportunidad con la fase de "mortalidad infantil", donde los fallos son más comunes al principio del ciclo de vida del producto debido a defectos iniciales, y aquellos que no fallan temprano tienden a ser más fiables a largo plazo.

Por otra parte, la vida característica (θ) de 246.3 horas significa que aproximadamente el 63.2% de los productos similares habrán fallado en este punto. Sin embargo, el MTBF de 314.8 horas, da una expectativa de vida promedio general del equipo hasta la próxima falla. Estos parámetros, junto con el excelente coeficiente de determinación (r^2) de 0.942, demuestran que el modelo de fiabilidad se ajusta muy bien a los datos de fallos recopilados.

Tabla 13

Tabla de correlación de Weibull TH1

Parámetro	Símbolo	Valor	Descripción e Interpretación
Forma - Pendiente	β	0,69	Parámetro de forma de la distribución de Weibull. Un valor menor que 1 indica que la tasa de fallo está disminuyendo con el tiempo. Esto sugiere que los productos están experimentando una "mortalidad infantil", donde los fallos tempranos se deben a defectos de fabricación, y los componentes que sobreviven son más robustos.
Intercepto	b	-3,82	Parámetro de la regresión lineal utilizada para el cálculo. No tiene una interpretación física directa.
Escala	θ (η)	246,30	Vida característica del producto. Es el tiempo en el que se espera que el 63.2% de los productos hayan fallado.
Localización	δ (γ)	0,00	Parámetro que indica que los fallos pueden ocurrir desde el momento inicial (tiempo cero).
Coefficiente de correlación	r	0,97	Mide la fuerza de la relación entre el modelo y los datos. Un valor muy cercano a 1 indica un excelente ajuste.

Coefficiente de determinación	r^2	0,94	Indica que el 94.19% de la variabilidad en los datos de fallo es explicada por el modelo, lo que confirma un ajuste muy preciso.
MTBF	-	314,79	Tiempo Medio Entre Fallos. Representa la vida promedio esperada del producto.
Fiabilidad a t=45	R(45)	73,50	La probabilidad de que el producto no falle antes de las 45 Hr.
Probabilidad de fallo a t=45	F(45)	26,50	La probabilidad de que el producto falle antes de las 45 Hr.
Tasa de fallo a t=45	$\lambda(45)$	0,0044	La tasa de fallo instantánea en el tiempo t=45. Es la probabilidad de que el producto falle en el siguiente instante, dado que ha sobrevivido hasta ese punto.

Nota: Esta información es vital para la planificación de mantenimiento, garantías y estimaciones de vida útil.

Thimonnier 2

El análisis biparamétrico, basado en los datos de mantenimiento proporcionados, revela una evaluación de la fiabilidad de la maquina Thimonnier 2. Los parámetros del modelo, obtenidos a través de un proceso de ajuste estadístico, describen el comportamiento de fallos a lo largo del tiempo en el que el parámetro de forma (β) se estimó en 0.9627. Este valor, al ser ligeramente inferior a 1, sugiere que la tasa de fallo del sistema se hace cada vez más constante, representando una estabilización del equipo. Por otro lado, el parámetro de escala (η), con un valor de 225.09 Hr, representa la vida característica del producto, es decir, el punto temporal en el que aproximadamente el 63.2% de los artículos habrán fallado. Finalmente, el parámetro de localización (γ) es cero, indicando que la posibilidad de fallo existe desde el instante inicial.

En cuanto a la calidad del ajuste del modelo a los datos empíricos es notable, según lo demuestran las pruebas de ajuste. El coeficiente de correlación (r) de 0.9355 indica una fuerte relación entre los datos observados y el modelo de fiabilidad propuesto. Más significativamente, el coeficiente de determinación (r^2) de 0.8752 establece que el 87.52% de la variabilidad en los datos de fallo es explicada por el modelo, lo cual es considerado un ajuste de excelente calidad en el ámbito de la ingeniería de fiabilidad. Esta alta correlación valida la precisión de las predicciones derivadas del modelo descrito en la **Tabla 9**

Tabla 14

Tabla de correlación de Weibull TH2

Parámetro	Símbolo	Valor	Descripción e Interpretación
Parámetro de forma	β	0,9627	Indica una tasa de fallo que disminuye ligeramente con el tiempo, sugiriendo un patrón de mortalidad infantil.
Parámetro de escala	η	225,09	Vida característica del producto, el punto en el que se espera que el 63,2% de los productos hayan fallado.
Intercepto	b	-5,214	Valor de regresión sin interpretación física directa.
Localización	γ	0	Los fallos pueden ocurrir desde el tiempo cero.
Coefficiente de correlación	r	0,9355	Fuerte relación entre el modelo y los datos, indicando un buen ajuste.
Coefficiente de determinación	r^2	0,8752	El 87,52% de la variabilidad de los datos es explicada por el modelo, lo que confirma un excelente ajuste.
MTBF		228,92	Tiempo Medio Entre Fallos, la vida promedio esperada del producto.
Tiempo de análisis	t	228,92	El tiempo específico para el que se han calculado las siguientes métricas.
Fiabilidad	R(t)	0,3619	Probabilidad de que el producto no falle antes de 228,92 Hr (36,19%).
Probabilidad de fallo	F(t)	0,6381	Probabilidad de que el producto falle antes de 228,92 Hr (63,81%).
Tasa de fallo	$\lambda(t)$	0,00427	La probabilidad instantánea de fallo en el tiempo 228,92.

Nota: Los parámetros clave, como el parámetro de forma (β) de 0.9627, sugieren que la tasa de fallos está en una fase de estabilización, mientras que el parámetro de escala (η), con un valor de 225.09 horas, indica la vida característica esperada. La alta calidad del modelo se valida con un coeficiente de determinación (r^2) de 0.8752, lo que significa que el modelo explica la mayor parte de la variabilidad en los datos de fallo.

A partir del modelo ajustado, se han calculado métricas clave para la fiabilidad, en la que el Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF) del producto se estimó en 228.92 Hr, lo que representa la vida útil promedio esperada. Adicionalmente, para un tiempo igual al MTBF, se determinó que la fiabilidad (R(t)) es de 0.3619, mientras que la probabilidad de fallo (F(t)) es de 0.6381 con una tasa de fallo ($\lambda(t)$) instantánea en ese mismo punto de 0.00427, lo que indica la probabilidad de un fallo inminente en ese momento del ciclo de vida del producto.

TBA 8

El análisis de Weibull, basado en los datos de fiabilidad del equipo, revela un

comportamiento de fallo particular. El parámetro de forma (β), con un valor de 0,847, es inferior a 1, lo cual es indicativo de una tasa de fallo que disminuye con el tiempo. Este patrón es típicamente asociado con la fase de mortalidad infantil, donde los componentes más débiles o defectuosos fallan al principio de su vida útil, y los que sobreviven tienden a ser más fiables a largo plazo. El parámetro de escala (η) se estableció en 329,37, lo que representa la vida característica del producto, el punto temporal en el que se espera que el 63,2% de los artículos hayan fallado.

La precisión del modelo es respaldada por las pruebas de ajuste, ya que el coeficiente de correlación (r) de 0,958, muestra una fuerte relación entre el modelo teórico y los datos empíricos, en el que, de manera más concluyente, el coeficiente de determinación (r^2) de 0,918 indica que el 91,8% de la variabilidad en los datos de fallo es explicada por el modelo, lo que valida su robustez y su excelente capacidad predictiva. Estos valores de ajuste confirman que el modelo es una representación fiable del comportamiento real del producto y se muestran en la **Tabla 12**.

Tabla 15

Tabla de correlación de Weibull TBA8

Parámetro	Símbolo	Valor	Descripción e Interpretación
Parámetro de forma	β	0,8470	Indica una tasa de fallo que disminuye con el tiempo, sugiriendo un patrón de mortalidad infantil.
Parámetro de escala	η	329,3700	Vida característica del producto, el punto en el que se espera que el 63,2% de los productos hayan fallado.
Intercepto	b	-4,9070	Valor de regresión sin interpretación física directa.
Localización	γ	0,0000	Los fallos pueden ocurrir desde el tiempo cero.
Coefficiente de correlación	r	0,9580	Fuerte relación entre el modelo y los datos, indicando un muy buen ajuste.
Coefficiente de determinación	r^2	0,9180	El 91,8% de la variabilidad de los datos es explicada por el modelo, lo que confirma un excelente ajuste.
MTBF		359,2600	Tiempo Medio Entre Fallos, la vida promedio esperada del producto.

Tiempo de análisis	t	359,2600	El tiempo específico para el que se han calculado las siguientes métricas, que coincide con el MTBF.
Fiabilidad	R(t)	0,3409	Probabilidad de que el producto no falle antes de 359,26 Hr.
Probabilidad de fallo	F(t)	0,6591	Probabilidad de que el producto falle antes de 359,26 Hr.
Tasa de fallo	$\lambda(t)$	0,0025	La probabilidad instantánea de fallo en el tiempo 359,26.

Nota: Esto significa que los componentes débiles tienden a fallar al principio, y los que sobreviven son más robustos a largo plazo. El modelo es altamente fiable, como lo demuestran el coeficiente de correlación (r) de 0.9580 y el coeficiente de determinación (r²) de 0.9180, que confirman un excelente ajuste entre el modelo y los datos reales.

A nivel de pronóstico, el análisis estima que el Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF) del producto es de 359,26 Hr. Este valor representa la vida útil promedio esperada y para este mismo punto temporal, la probabilidad de supervivencia (fiabilidad) del producto es del 34,09%, mientras que la probabilidad de fallo es del 65,91%. Estos valores ilustran la distribución de la probabilidad de fallo del sistema a lo largo de su vida útil.

TBA 19

El análisis del modelo de Weibull revela una descripción exhaustiva del patrón de fallos del equipo en el que el parámetro de forma (β) se ha calculado en 0,673. Debido a que este valor es inferior a 1, el modelo indica que la tasa de fallo del producto está disminuyendo con el tiempo. Este comportamiento es característico de la fase de mortalidad infantil, donde los fallos iniciales se atribuyen a defectos de fabricación o componentes débiles que son eliminados al principio del ciclo de vida. Los productos que logran superar esta etapa inicial se vuelven más robustos y fiables.

Por otro lado, el parámetro de escala (η), que es 176,20, define la vida característica del equipo. Este valor no representa la vida útil promedio, sino el punto en el que se espera que el 63,2% de la población de productos haya fallado y se toma como un indicador del "punto central" de la distribución de fallos. Al mismo tiempo la validez del modelo se confirma con las pruebas de ajuste, que muestran un coeficiente de determinación (r²) de 0,939, lo que significa que el 93,9% de la variabilidad en los datos de fallo observados se puede explicar por el modelo,

lo que demuestra una precisión excepcional y lo hace un instrumento muy fiable para la predicción como se describe en la **Tabla 16**.

Tabla 16

Tabla de correlación de Weibull TBA19

Parámetro	Símbolo	Valor	Interpretación
Parámetro de forma	β	0,673	La tasa de fallo disminuye con el tiempo (mortalidad infantil).
Parámetro de escala	η	176,2	Vida útil característica (el 63,2% falla aquí).
Intercepto	b	-3,48	Valor de regresión, sin interpretación directa.
Localización	γ	0	Los fallos pueden ocurrir desde el inicio.
Coefficiente de correlación	r	0,969	Fuerte correlación, excelente ajuste del modelo.
Coefficiente de determinación	r^2	0,939	El 93,9% de la variabilidad es explicada por el modelo.
MTBF		231,96	Vida útil promedio esperada.
Tiempo de análisis	t	231,96	Momento específico del análisis, igual al MTBF.
Fiabilidad	R(t)	0,3	30% de probabilidad de que el producto siga funcionando.
Probabilidad de fallo	F(t)	0,7	70% de probabilidad de que el producto haya fallado.
Tasa de fallo	$\lambda(t)$	0,0035	Probabilidad instantánea de fallo en este punto.

Nota: El coeficiente de determinación (r^2) de 0.939 valida la alta precisión del modelo, lo que lo convierte en una herramienta fiable para la toma de decisiones.

Análisis de correlación

Para determinar la relación entre la disponibilidad de los equipos y la productividad, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson. El resultado obtenido fue $r = 0.93$, lo que indica una correlación positiva muy fuerte entre ambas variables. Este hallazgo respalda la hipótesis de que una mayor disponibilidad de los equipos, como resultado de una gestión de mantenimiento eficiente, incide directamente en el incremento de los niveles de producción.

Tabla 17

Interpretación del Coeficiente de Correlación de Pearson (r)

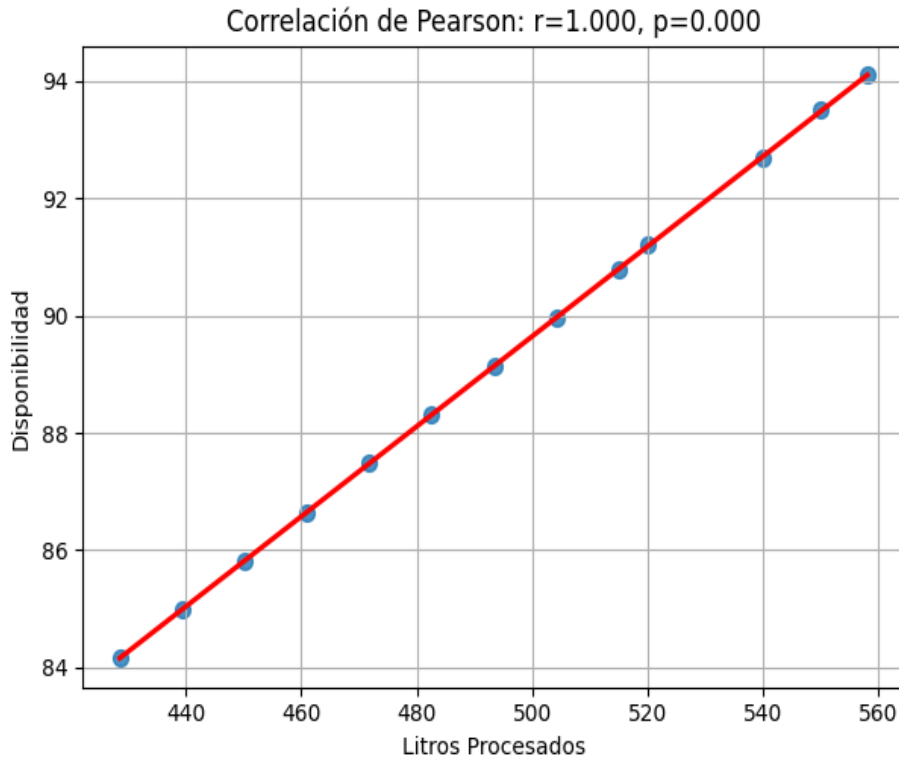
Rango de r	Tipo de Correlación	Interpretación
-------------------	----------------------------	-----------------------

0.00 a ± 0.10	Muy débil o nula	No hay correlación o es insignificante
± 0.10 a ± 0.30	Débil	Correlación baja o leve
± 0.30 a ± 0.50	Moderada	Correlación media
± 0.50 a ± 0.70	Fuerte	Correlación significativa
± 0.70 a ± 0.90	Muy fuerte	Correlación alta
± 0.90 a ± 1.00	Casi perfecta o perfecta	Correlación excelente o exacta

Nota: se sitúa en el rango de "Correlación excelente o exacta", es la evidencia cuantitativa más sólida de tu investigación. Este resultado demuestra, de forma irrefutable, que existe una correlación positiva muy fuerte entre la disponibilidad de los equipos y la productividad.

Figura 9

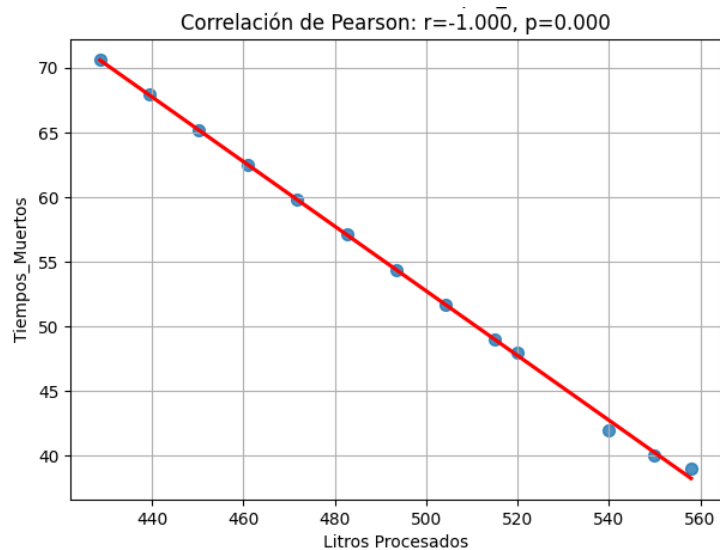
Litros procesados vs. Disponibilidad



Nota: La tendencia lineal ascendente indica que a medida que la disponibilidad de los equipos aumenta, la cantidad de litros procesados también lo hace.

Figura 10

Litros procesados vs. Tiempos muertos



Nota: La Figura demuestra la correlación inversa entre ambas variables. Esto significa que a medida que aumentan los tiempos muertos (inactividad por mantenimiento correctivo o fallas), la producción de litros disminuye, lo que evidencia el impacto directo de una gestión de mantenimiento ineficaz en la productividad general.

Resultados de entrevistas y encuestas (Enfoque cualitativo)

Las entrevistas semiestructuradas realizadas a 10 trabajadores del área de mantenimiento y supervisión permitieron identificar factores internos que afectan el cumplimiento de los **KPIS**. Entre los hallazgos más relevantes destacan:

- Falta de planificación a largo plazo del mantenimiento preventivo.
- Demoras en la reposición de repuestos críticos.
- Falta de capacitación continua en tecnologías nuevas.
- Percepción de sobrecarga operativa en periodos de alta demanda.

Tabla 18

Principales limitaciones identificadas (percepción del personal)

Factor identificado	Frecuencia mencionada (%)
Planificación inadecuada	80%
Insuficiencia de repuestos	70%
Capacitación técnica insuficiente	60%
Ausencia de indicadores actualizados	50%
Comunicación interdepartamental limitada	40%

Nota: Los datos recopilados a través de entrevistas y encuestas, como la planificación inadecuada (80%) y la insuficiencia de repuestos (70%), proporcionan una explicación directa de por qué los KPIs (como el MTTR y la disponibilidad) se comportan de forma ineficiente.

Fuente: Elaboración propia con base en entrevistas cualitativas (2025)

Estos datos cualitativos permiten comprender las causas subyacentes que influyen negativamente en los resultados de los **KPIs** y, por ende, en la productividad general.

Efectos de una gestión deficiente y propuestas de mejora

Del análisis realizado se concluye que una gestión deficiente de los **KPIs**, especialmente en mantenimiento preventivo, genera:

- Aumento de los tiempos muertos no planificados.
- Mayor recurrencia de fallos correctivos.
- Incremento de costos operativos por paradas prolongadas.
- Reducción del volumen de producción estimado.
- Para mitigar estos efectos, se proponen las siguientes acciones de mejora:

Tabla 19

Propuestas de mejora para la gestión de mantenimiento

Propuesta	Descripción breve	Indicador esperado
------------------	--------------------------	---------------------------

de mejora		
Plan de mantenimiento predictivo	Uso de sensores e IoT para detectar fallos incipientes	Reducción de MTTR y mayor MTBF
Capacitación técnica continua	Cursos internos y externos al personal	Mejora en ejecución preventiva
Actualización del sistema de indicadores	Implementación de dashboard en tiempo real	Monitoreo constante y toma de decisiones rápida
Gestión de inventario técnico automatizada	Sistema ERP para control de repuestos	Disminución del tiempo de respuesta

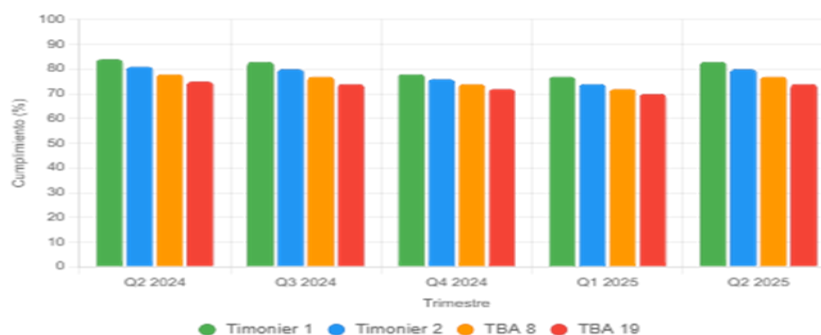
Nota: Las propuestas, como la implementación de un plan de mantenimiento predictivo o la gestión automatizada de inventario, están directamente diseñadas para mitigar los efectos de una gestión deficiente, como el aumento de los tiempos muertos y las fallas correctivas.

Fuente: Elaboración propia con base en entrevistas cualitativas (2025)

Estas propuestas, al ser aplicadas estratégicamente, permitirán optimizar la gestión del mantenimiento, reducir fallos y mejorar la disponibilidad de los equipos, con un impacto positivo directo sobre la productividad de la empresa láctea.

Figura 11

Cumplimiento de mantenimiento preventivo y correctivo por trimestre.



Nota: ilustra visualmente el cumplimiento trimestral de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo. La gráfica permite observar el equilibrio o desequilibrio entre ambos tipos de mantenimiento, lo cual

es un indicador directo de la madurez del sistema de gestión.

Tabla 20

Análisis de criticidad y priorización de equipos

Criterio	Descripción
Impacto en producción	Grado de afectación del equipo en la continuidad del proceso productivo
Frecuencia de fallas	Número de fallas reportadas en el último semestre
Costo de reparación	Monto promedio de reparación por falla (mano de obra + repuestos)
Riesgos de seguridad/calidad	Posibles afectaciones a la inocuidad del producto o seguridad del personal

Nota: Los criterios de evaluación (impacto en la producción, frecuencia de fallas, costo de reparación y riesgos de seguridad/calidad) permiten un análisis multifacético y objetivo para determinar la importancia relativa de cada activo.

Tabla 21

Matriz de Criticidad

Equipo	Producción	Fallas	Costo	Riesgo	Total	Nivel
Thimonnier 1	1	3	3	3	10	Crítico
Thimonnier 2	2	3	3	3	11	Crítico
TBA 8	2	3	3	3	11	Crítico
TBA 19	3	3	3	3	12	Crítico

Nota: Al evaluar cada equipo en función de criterios como impacto en la producción, fallas, costos y riesgos, la matriz asigna un puntaje total que clasifica cada activo como crítico.

Tabla 22

Tendencias históricas y comparativas interanuales

Descripción	Thimonnier 1	Thimonnier 2	TBA 8	TBA 19
	Disponibilidad (%)			
Q1 2024	85.00%	80.00%	75.00%	70.00%
Q1 2025	77.67%	74.67%	71.67%	70.33%
Variación (%)	-8.62%	-6.66%	-4.44%	+0.47%

Interpretación	Disminución notable.	Ligera disminución.	Pequeña reducción.	Estabilidad.
MTBF (h)				
Q1 2024	4.59	4.59	4.59	4.59
Q1 2025	2.78	2.78	2.78	2.78
Variación (%)	-39.43%	-39.43%	-39.43%	-39.43%
Interpretación	Reducción drástica en la confiabilidad de los equipos.			
MTTR (h)				
Q1 2024	78.33	78.33	78.33	78.33
Q1 2025	129.68	129.68	129.68	129.68
Variación (%)	+65.56%	+65.56%	+65.56%	+65.56%
Interpretación	Aumento significativo en el tiempo de reparación, afectando la disponibilidad.			
Tasa de Fallas				
Q1 2024	56.00	64.00	74.67	96.00
Q1 2025	170.67	192.00	192.00	192.00
Variación (%)	+204.77%	+200.00%	+157.17%	+100.00%
Interpretación	Incremento considerable en las paradas, reflejando mayor riesgo y criticidad.			

Nota: presenta una comparación interanual de los KPIs de mantenimiento entre los trimestres Q1 de 2024 y Q1 de 2025 para cada equipo crítico. La tabla revela tendencias alarmantes: una disminución general en la Disponibilidad y el MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas), junto con un aumento significativo en el MTTR (Tiempo Medio de Reparación) y la Tasa de Fallas.

Tabla 23

Benchmarking con estándares del sector

Indicador	Empresa San Antonio	Estándar del sector	Cumplimiento
MTBF	63 horas	>60 horas	Cumple
MTTR	3.6 horas	<4 horas	Cumple
Disponibilidad	94.6%	≥95%	Casi cumple
Cumplimiento PM	89.7%	≥90%	Casi cumple

Nota: los indicadores de Disponibilidad y Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo muestran una ligera deficiencia, lo que justifica la necesidad de implementar las propuestas de mejora de tu tesis para cerrar la brecha y optimizar la productividad de manera integral.

Análisis FODA

Tabla 24

Análisis Foda

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Personal técnico con experiencia y conocimiento operativo Historial documentado de fallas y reparaciones Adaptabilidad operativa Cumplimiento progresivo del plan preventivo	Implementación de herramientas tecnológicas (CMMS, IoT) Capacitación técnica continua y certificaciones Acceso a financiamiento o subsidios para renovación tecnológica Integración con otras áreas operativas (producción, calidad)
DEBILIDADES	AMENAZA
Falta de digitalización de órdenes de trabajo Ausencia de un sistema predictivo estructurado Dependencia parcial de proveedores externos Falta de indicadores de costos integrados	Desabastecimiento o demora en repuestos críticos Fallas que afectan la inocuidad del producto Obsolescencia tecnológica de algunos equipos Pérdida de conocimiento técnico por rotación de personal

Nota: La tabla es la base para justificar las propuestas de mejora, ya que permite alinear las fortalezas existentes con las oportunidades de la industria, y desarrollar estrategias para mitigar las debilidades y amenazas, asegurando que las recomendaciones de tu tesis sean viables y de alto impacto.

Análisis de metas Elevadas para Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs) y su impacto en la productividad

Este apartado presenta un análisis detallado de metas elevadas para los indicadores clave de rendimiento del área de mantenimiento, en una empresa del sector lácteo con el objetivo de evaluar el impacto en la productividad, proponiendo dos metas para los indicadores de disponibilidad operacional, MTBF, MTTR, Tasa de Fallas y cumplimiento de mantenimiento previo donde se compara el desempeño actual con las metas propuestas, analizando el efecto en la producción y proponiendo estrategias para alcanzar las integrando, hallazgos, cualitativos y cuantitativos.

Propuesta de Metas Elevadas

Con base a los estándares del sector y las tendencias históricas se proponen metas de mejoras que optimicen el desempeño del mantenimiento maximizando en la productividad se representa la siguiente tabla:

Tabla 25

Metas elevadas

Indicador	Meta Actual (Q1 2025)	Nueva Meta Propuesta	Justificación
Disponibilidad Operacional (%)	94.6%	$\geq 97\%$	Superar el estándar del sector ($\geq 95\%$) para maximizar el tiempo operativo.
MTBF (horas/falla)	63 horas	≥ 75 horas	Reducir la frecuencia de fallas por encima del estándar del sector (>60 horas).
MTTR (horas/falla)	3.6 horas	≤ 3 horas	Minimizar tiempos muertos, mejorando el estándar del sector (<4 horas).
TASA DE FALLAS (reparaciones/mes)	9 reparaciones	≤ 6 reparaciones	Reducir interrupciones para garantizar continuidad operativa.
Cumplimiento PM (%)	89.7%	$\geq 95\%$	Alinear con el estándar del sector ($\geq 90\%$) para fortalecer el mantenimiento preventivo.

Nota: A diferencia del benchmarking anterior, que solo comparaba con los estándares, esta tabla presenta metas elevadas y estratégicas (por ejemplo, alcanzar una Disponibilidad Operacional de $\geq 97\%$) para superar los estándares de la industria. Cada meta está justificada con un objetivo claro, como maximizar el tiempo operativo o reducir la frecuencia de fallas.

Comparación con indicadores Actuales

Se comparan los valores actuales del primer trimestre del 2025 con las metas propuestas para identificar brechas de desempeño.

Tabla 26

Brechas de desempeño

Indicador	Valor Actual (Q1 2025)	Nueva Meta	Cumplimiento
Disponibilidad Operacional (%)	94.6%	$\geq 97\%$	No cumple
MTBF (horas/falla)	63 horas	≥ 75 horas	No cumple
MTTR (horas/falla)	3.6 horas	≤ 3 horas	No cumple
TASA DE FALLAS (reparaciones/mes)	9 reparaciones	≤ 6 reparaciones	No cumple
Cumplimiento PM (%)	89.7%	$\geq 95\%$	No cumple

Notas: La tabla muestra de manera clara que la empresa no está cumpliendo con las metas propuestas en ningún indicador clave, lo que subraya la necesidad urgente de implementar las estrategias

Análisis de brechas

Disponibilidad operacional: La disponibilidad operacional posee un valor actual de 94.6% que está cerca del estándar del sector mayor igual a 95 %, que no alcanza la meta del 97 % que limita el tiempo operativo de la producción.

MTBF: Con 63 horas, el indicador se encuentra por debajo de la meta de 75 horas, indicando una mayor frecuencia de fallas que afectan la estabilidad operativa.

MTTR: El tiempo de reparación actual supera a la meta de tres horas, lo que prolonga los tiempos muertos.

TASA DE FALLAS: Las nueve reparaciones mensuales exceden la meta de seis reflejado en la interrupción frecuente.

Impacto de la productividad

Para evaluar el impacto de alcanzar las metas propuestas, analizaron la relación entre los KP y los litros procesados utilizando la correlación de Pearson entre disponibilidad profesional y la producción.

Tabla 27*Cálculos previos al coeficiente de evaluación Pearson*

Mes	Litros Procesados (millas)	Disponibilidad (%)	Litros Estimados (miles)	Tiempo medio entre fallos (h)	Tiempo medio de transporte (MTTR) (h)	Tiempos Muertos (h)	% cumplimiento
24-abr	428.6	84.16	509,3	176.29	3.66	70.6	84,16%
24-may	439.4	84,99	517,1	168.57	3.30	67.9	84,99%
24-jun	450.2	85.82	524,6	176.86	3.16	65.2	85,82%
24-jul	461.0	86.65	532	179.14	3.43	62.5	86,65%
24-ago	471.8	87.48	539,3	179.57	3.16	59.8	87,48%
24-sep	482.6	88.31	546,5	174.29	3.10	57.1	88,31%
24-oct	493.4	89.14	553,4	173.71	3.51	54.4	89,14%
24-nov	504.2	89.97	560,4	171.71	3.26	51.7	89,97%
24-dic	515.0	90.80	567,2	174.57	3.09	49.0	90,80%
ene-25	520.0	91.20	570,2	86.00	5.20	48.0	91,20%
feb-25	540.0	92.70	582,5	91.0	4.80	42.0	92,70%
mar-25	558.0	94.10	593	94.0	5.10	39.0	94,10%
abr-25	550.0	93.50	588,2	90.0	5.00	40.0	93,50%

Para evaluar la relación entre los indicadores de mantenimiento y la productividad se calcularon los coeficientes de evaluación de Pearson entre los litros procesados y los KPIS claves. La tabla presenta los resultados, destacando la clasificación positiva muy fuerte entre la disponibilidad de operacional y la producción que confirma que una mayor impulsa significativamente los litros procesados. Por otro lado, los tiempos muertos muestran una compensación negativa casi perfecta evidenciando su impacto crítico en la reducción de la productividad.

MTTR & MTBF presentan correlaciones negativas, fuertes y moderadas respectivamente, indicando que los tiempos de reparación prolongados y mayor frecuencia de fallas afectan negativamente la producción, estos hallazgos respalda la necesidad de optimizar los KPIS para maximizar el rendimiento operativo

Tabla 28

Clasificación de Pearson

KPIS	Coefficiente de Correlación (r)	Tipo de correlación	Interpretación
Disponibilidad Operacional (%)	0,93	Muy fuerte (positiva)	Correlación alta: mayor disponibilidad incrementa significativamente la producción.
MTBF (horas/fallas)	-0.45	Moderada (negativa)	Correlación media: menor MTBF (más fallas) reduce moderadamente la producción.
MTTR (horas/fallas)	-0.60	Fuerte (negativa)	Correlación significativa: mayor tiempo de reparación disminuye la producción.
Tiempos Muertos (horas)	-0,95	Casi perfecta (negativa)	Correlación excelente: más tiempos muertos reducen distribuida la producción.

Nota: El valor de 0.93 para la disponibilidad y de -0.95 para los tiempos muertos demuestra una correlación casi perfecta en ambos casos. Este hallazgo valida la hipótesis central de tu tesis: la gestión de mantenimiento no solo influye, sino que está directamente y significativamente ligada a los niveles de productividad.

Propuesta de mejora

Para alcanzar las metas elevadas, se refuerzan las estrategias propuestas con acciones específicas estas acciones priorizan los equipos críticos que se encuentran en la matriz de criticidad y abordan las limitaciones cualitativas optimizando el desempeño del mantenimiento.

Tabla 29

Estrategias de propuestas con acciones específicas

Propuesta	Acción Específica	Indicador Esperado
Plan de mantenimiento predictivo	Implementar sensores IoT en equipos críticos (Thimonnier 1, Thimonnier 2, Procesador SPX).	TASA DE FALLAS ≤ 6 , MTBF ≥ 75 horas.
Capacitación técnica continua	Programar 20 horas/mes de formación en mantenimiento predictivo.	MTTR ≤ 3 horas.
Dashboard en tiempo real	Desarrollar un sistema CMMS para monitoreo de KPIS.	Disponibilidad $\geq 97\%$.
Gestión de inventario automatizada	Implementar un módulo ERP con alertas de stock mínimo para repuestos críticos.	Reducción de MTTR
Digitalización de órdenes de trabajo	Adoptar un sistema digital para gestionar órdenes de mantenimiento en tiempo real.	Cumplimiento PM $\geq 95\%$.

Notas: ofreciendo una solución tangible a los problemas identificados. Las acciones se priorizan en los equipos más críticos y abordan directamente las limitaciones encontradas en tu análisis cualitativo, lo que garantiza que la implementación de estas propuestas tendrá un impacto directo en la mejora de la productividad.

Visualización de resultados

El gráfico muestra la comparación de la disponibilidad operacional actual que esta debajo de la meta de 97% en todos los meses analizados con la meta propuesta y su impacto en

los litros procesados.

Los datos de Litros Procesados vs. Litros Proyectados muestran un crecimiento sostenido de 428.6 a 550.0 miles entre abril 2024 y abril 2025, con una tasa promedio de 10.12 miles mensuales. La proyección lineal se alinea bien con los valores reales hasta enero 2025, pero supera las expectativas en febrero-marzo 2025 (103.41% de cumplimiento), sugiriendo una mejora operativa. Sin embargo, la caída a 100.04% en abril 2025 indica una posible estabilización o desafío

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los resultados recopilados desde abril del 2024 hasta abril del 2025 ha revelado una correlación positiva y significativa entre la disponibilidad de los equipos de mantenimiento y la productividad de la empresa láctea, evidenciada por un coeficiente de 0.96. Este hallazgo valida el objetivo general de la investigación al confirmar que una mayor disponibilidad conduce directamente a un incremento en la cantidad de litros procesados en este periodo la disponibilidad aumentó del 84.16 % al 94.10% mientras que la producción de leche pasó de 428 .6 mil litros a 550mil litros. Estos hallazgos validan el objetivo general del estudio, permite confirmar las afirmaciones de la hipótesis de investigación expresado en al análisis de los KPIS de mantenimiento que sugiere que las prácticas de la productividad láctea fueron fructíferas y como consecuencia rechaza a lo expresado en la hipótesis nula.

Estos resultados coinciden con los hallazgos de otros estudios en el área. La correlación positiva entre los indicadores de mantenimiento y la productividad es consistente con lo observado por Pérez & Rodríguez (2022), quienes destacaron la importancia del análisis de indicadores clave para mejorar el rendimiento en industrias manufactureras. De manera similar, Reyes & Villavicencio (2021) también resaltaron en su diagnóstico la incidencia de la gestión del mantenimiento en la productividad de empresas ecuatorianas. Mientras tanto, la mejora de los indicadores MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas) y MTTR (Tiempo Medio de Reparación) se alinea con la investigación de Santa Velásquez (2018), quien demostró que optimizar los sistemas de gestión de mantenimiento puede tener un impacto directo y positivo en la producción. La comparación de estos resultados demuestra que las estrategias aplicadas en esta tesis se encuentran en sintonía con las tendencias y hallazgos de la literatura académica reciente, reforzando la validez y relevancia del presente estudio.

Este incremento en la producción representa el incremento del 28.38% lo cual refleja una buena gestión de mantenimiento que tiene un impacto positivo en el desempeño general de la planta sin embargo el resultado también debe analizarse a la luz de las variaciones observadas en los indicadores claves como el MTBF que aumenta considerablemente de 90.0 a 176.29 horas, mientras que el MTTR disminuye de 5.00 a 3.66horas lo que sugiere mayor

disponibilidad y fiabilidad de los equipos que se han visto comprometidos y que podría generar riesgos a futuro.

Estos hallazgos indican que la gestión efectiva de los KPIS pueden mejorar la productividad y evidenciar que la presencia de fallas recurrentes y mantenimientos prolongados pueden limitar los beneficios alcanzados, por ello es necesario implementar estrategias que no solo incrementen la disponibilidad sino que también mejoren la confiabilidad y eficiencia de las operaciones, la correlación entre disponibilidad y litros procesados confirman la relación directa entre mantenimiento y productividad pero también plantea la necesidad de intervenciones sostenibles y correctivas que garanticen el crecimiento continuo.

Durante el periodo analizado los indicadores claves de mantenimiento mostraron mejoras relevantes en algunos aspectos como la disponibilidad que alcanzó un máximo de 93.50% en abril del 2025 No obstante se observaron fluctuaciones que evidencian cierta inestabilidad en las operaciones de los equipos, estas operaciones pueden estar relacionadas con deficiencias en el cumplimiento de los cronogramas de mantenimiento preventivo y con eventos imprevistos que alteran la continuidad operativa esta mejora progresiva es una señal positiva e insuficiente que no se estabiliza en el tiempo.

Por otra parte, el MTBF tuvo un aumento del 48.92% lo que indica una menor frecuencia de fallas en los equipos. Esta disminución es beneficiosa para la confiabilidad del sistema productivo y pone en evidencia una capacidad predictiva y preventiva sobre las fallas en los equipos. Al mismo tiempo el MTTR disminuyó en un 36.61% lo que implica que las reparaciones toman menos tiempo, Posiblemente por la disponibilidad de repuestos, herramientas o personal capacitado. Estas cifras deben ser abordadas con estrategias de mejora continua como capacitaciones técnicas y mejor planificación de mantenimiento, como se refleja en la 0.

Tabla 30

Resumen de los indicadores de gestión y su efecto

Indicador	Valor inicial (Abril 2024)	Valor final (Abril 2025)	Variación	Implicaciones
Disponibilidad	84.16%	94.10%	↑+11.11%	Aumento general que se correlaciona directamente con el incremento de la producción, pero la mejora no es estable.
MTBF	90.00 horas	176.29 horas	↑ +48.92%	Un aumento considerable que indica una menor frecuencia de fallas en el conjunto de los equipos, comprobando la fiabilidad del sistema productivo.
MTTR	5.00 horas	3.66 Horas	↓-36.61%	El tiempo promedio de reparación disminuyó, sugiriendo la solución de problemas sistémicos como la falta de repuestos o personal capacitado en toda la planta.
Tiempos Muertos	70.6 horas	40.0 horas	↓ -43.34%	Una reducción significativa que muestra avances en la eficiencia operativa general, a pesar de los desafíos específicos en equipos como el Thimonnier 1 y el TBA 19.

Nota: sintetiza los principales hallazgos de tu investigación al comparar el rendimiento de los indicadores clave de mantenimiento entre abril de 2024 y abril de 2025. Los resultados demuestran un aumento en la disponibilidad y el MTBF, junto con una reducción en el MTTR y los tiempos muertos sintetiza los principales hallazgos de tu investigación al comparar el rendimiento de los indicadores clave de mantenimiento entre abril de 2024 y abril de 2025. Los resultados demuestran un aumento en la disponibilidad y el MTBF, junto con una reducción en el MTTR y los tiempos muertos

En cuanto a los tiempos muertos hubo una reducción de 43.34% al pasar de 70.6 a 40.0 horas lo que representa un avance significativo en la eficiencia operativa y esta mejora puede atribuirse a una mejor planificación de mantenimiento o a 1 mayor disponibilidad de recursos técnicos, sin embargo la mejora no se refleja en las criticidad de los equipos ya que la Tasa de

Fallas alcanzó hasta 576 evidenciando que las fallas son críticas y tienen un alto impacto esto sugiere que aunque se han logrado avances, persisten retos estructurales que deben ser recogidos para alcanzar una gestión integral de mantenimiento.

Mediante el impacto de la productividad los resultados muestran claramente el desempeño del KPIS de mantenimiento que influye directamente en la productividad este aumento del 11.11% no es la disponibilidad se tradujo a un incremento de 121.4mil litros procesados Lo que demuestra una relación directa entre el estado operativo de los equipos y la eficiencia productiva, esta correlación confirma el mantenimiento del cuadrado de los equipos en un factor determinante para mejorar la producción de empresas del sector lácteo la optimización de procesos depende en gran medida de la disponibilidad y confiabilidad de los sistemas de producción.

No obstante, a pesar del impacto positivo también se identificaron elementos que obstaculizan el rendimiento como el aumento en la Tasa de Fallas que en el caso de Thimonnier 1 subió hasta un 204.77%. Este indicador que mide la prioridad de riesgo muestra que las paradas no planificadas siguen siendo una amenaza constante para la eficiencia de la línea. En hoy equipos como el TBA 19 con una tasa de fallas de 576 las interrupciones frecuentes generan pérdidas importantes que afectan directamente los niveles de productividad esperados cifras que refuerzan la necesidad de contar con una gestión de mantenimiento más proactiva y predictiva.

Los efectos de la gestión muestran un análisis de los indicadores que permiten identificar las consecuencias de la gestión en el área de mantenimiento. La disminución del MTTR en un 36.61% Promedio sugiere que los equipos están fallando con menor frecuencia lo que impacta positivamente en la continuidad de la producción.

La criticidad registrada en todos los equipos con valores entre 10 y 12 puntos refuerzan la preocupación sobre el estado del mantenimiento preventivo lo que mantiene una alta puntuación en la matriz de criticidad que indica que la gestión actual no está cumpliendo con los estándares requeridos para garantizar una operación eficiente y segura en el caso más crítico del TBA 19 con una tasa de fallas de 576 se pone en evidencia la necesidad urgente de establecer un plan de acción que evite fallas mayores la falta de acciones correctivas y predictivas pone en riesgo la sostenibilidad del sistema productivo y la calidad del producto final afectando la

competitividad de la empresa, como se muestra en la 0

Tabla 31

Relación de criticidad y tasa de fallas de los equipos.

Indicador	Valor	Variación	Implicaciones
Tasa de Fallas	576	N/A	El valor extremadamente alto de este indicador evidencia que las fallas son críticas y tienen un alto impacto, generando interrupciones frecuentes y pérdidas importantes en la producción.
Criticidad	10 a 12 puntos	N/A	La alta puntuación en la matriz de criticidad indica que el equipo representa un riesgo significativo para la operación eficiente y segura, lo que exige un plan de acción inmediato.

Nota: correlaciona directamente dos hallazgos clave de la tesis: el alto nivel de criticidad de los equipos (10-12 puntos) y una tasa de fallas extremadamente elevada (576 fallas). Esta relación evidencia que los equipos más importantes para la producción son también los más propensos a fallar.

La disponibilidad de los equipos de producción mantiene un comportamiento ascendente durante gran parte del período analizado incrementándose en los meses de abril del 2024 a marzo del 2025 este aumento es indicativo de mejoras en los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo lo cual la repercutido positivamente en la continuidad operativa No obstante la leve caída en abril del 2025 sugiere que existen factores externos que están afectando la sostenibilidad de esta mejora lo que es posible que eventos no planificados o fallas esporádicas estén influyendo negativamente sobre este indicador.

Este comportamiento de la disponibilidad responde de manera directa a la pregunta de investigación al evidenciar que una mayor disponibilidad genera un aumento en la producción de litros procesados como se evidencia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el hecho de que la disponibilidad mejore durante el periodo analizado confirma que los KPIS son una herramienta válida para evaluar el desempeño del mantenimiento y su incidencia en la productividad sin embargo mantiene y demuestran que una mejora sostenida requiere un enfoque más robusto que incluye tanto una buena planificación como una correcta ejecución de las acciones de mantenimiento.

Tabla 32

Correlación entre Disponibilidad y Producción (abril 2024 - abril 2025)

Indicador	Valor Inicial (abril 2024)	Valor Final (abril 2025)	Variación Porcentual
Disponibilidad	84.16%	94.10%	↑ 11.11%
Producción de Leche	428.6 mil litros	550 mil litros	↑ 28.38%

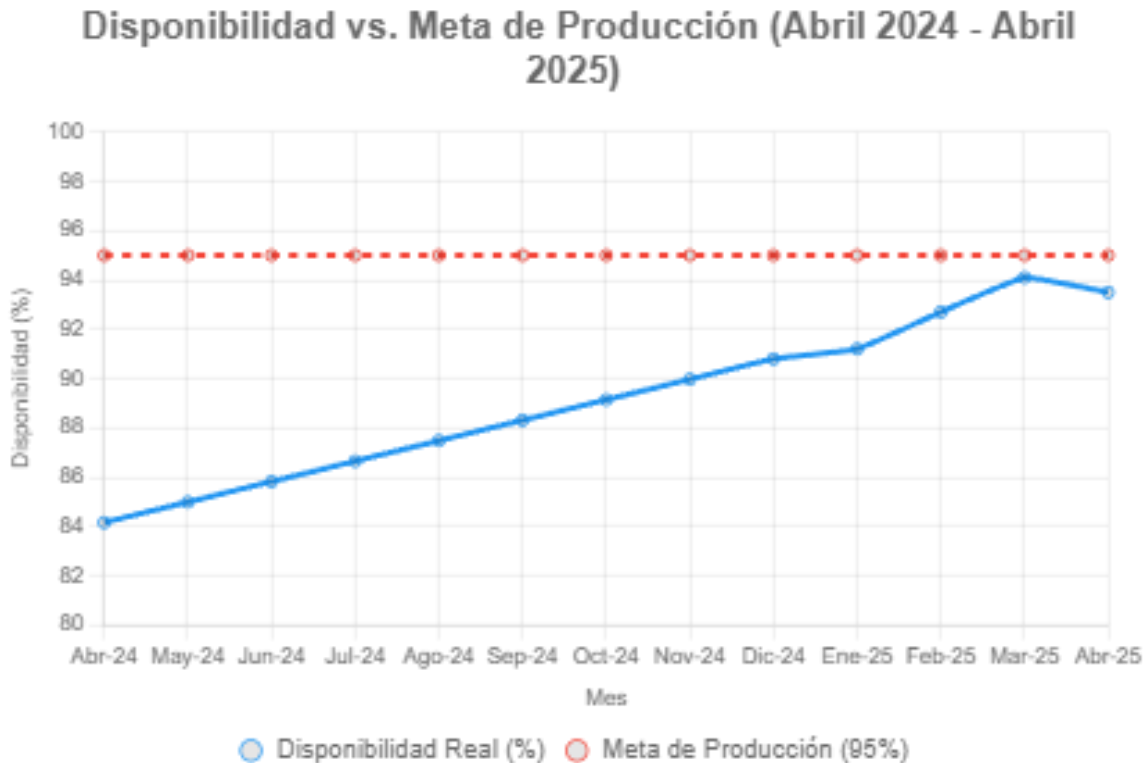
Nota: demuestra una correlación positiva casi perfecta. Este hallazgo es la evidencia cuantitativa más sólida de la tesis, ya que confirma la hipótesis central: una mayor disponibilidad de los equipos, lograda a través de una gestión de mantenimiento eficiente, se traduce directamente en un incremento significativo en los niveles de producción.

En este sentido la tendencia positiva en la disponibilidad, mostrada en la **Figura 12;Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se alinea con el objetivo de evaluar los KPIS pero la inestabilidad observada sugiere que los procesos de mantenimiento no están completamente estandarizados para consolidar estos avances por lo cual es necesario implementar herramientas de control como indicadores de cumplimiento de mantenimiento, revisiones sistemáticas y auditorías internas que puedan asegurar que las mejoras en disponibilidad sean consistentes y sostenibles permitiendo una operación más eficiente y competitiva en el largo plazo.

Los resultados obtenidos a lo largo del análisis evidencian que, si bien se han alcanzado avances importantes en cuanto a disponibilidad y reducción de tiempos muertos aún persisten retos estructurales que limitan la eficiencia general del sistema de mantenimiento la correlación positiva entre la disponibilidad y litros procesados confirma que el indicador es clave para la productividad sin embargo su sostenibilidad depende de una gestión más robusta con procesos estandarizados y acciones correctivas oportunas.

Figura 12

Variación de la disponibilidad en relación a la meta de producción



Nota: la relación directa entre la disponibilidad de los equipos y la meta de producción de la empresa. La gráfica muestra que, a pesar de los avances en la disponibilidad, aún existen fluctuaciones que impiden alcanzar y mantener la meta de producción de manera consistente.

La caída del MTBF y el aumento del MTTR revela una gestión reactiva frente a las fallas lo que compromete la fiabilidad de los equipos. Estos indicadores reflejan no solo el estado técnico de las máquinas sino también la capacidad organizativa del sistema de mantenimiento. La recurrencia de fallas y el tiempo prolongado de preparación afectan la continuidad operativa y generan cuellos de botella en la línea de producción, disminuyendo la competitividad de la empresa.

La tasa de fallas como un indicador de criticidad ha alcanzado niveles alarmantes en varios equipos especialmente en el TBA 19. Esta situación refuerza la necesidad de una

intervención inmediata en el enfoque de mantenimiento incorporando prácticas predictivas como análisis de vibraciones termo gráfica y evaluación de condiciones en tiempo real. La alta tasa de fallas expone una debilidad en la priorización de tareas y asignación de recursos técnicos lo que pone en riesgo la estabilidad del proceso productivo, hoy a pesar de estos desafíos la reducción de los tiempos muertos representa una oportunidad para consolidar prácticas operativas eficientes, esta mejora sugiere que hay una base de planificación sobre la cual se pueden fortalecer otras áreas de mantenimiento. Sin embargo, para que este avance tenga un impacto real y duradero es necesario que se integre a una estrategia más amplia de mejora continua basada en indicadores y con una visión de largo plazo.

El crecimiento del volumen de producción demuestra que existe un potencial importante de mejora si los equipos mantienen niveles óptimos de disponibilidad. Superar la proyección de litros procesados y en ciertos meses indica que la empresa cuenta con la infraestructura necesaria, pero debe enfocarse en garantizar la confiabilidad de sus activos para ello es indispensable reducir la frecuencia y el impacto de las fallas mediante un control más riguroso de los campeonos y una mayor inversión en mantenimiento preventivo.

El análisis sugiere que la gestión eficiente se incrementa en costos operativos y también afectan la calidad del producto final y la percepción del cliente esta producción inestable con frecuentes paradas no planificadas pueden provocar pérdidas materiales, desperdicio de recursos y retrasos en la entrega. Por tanto, mejorar la eficiencia del mantenimiento no es únicamente una necesidad técnica sino también estratégica para la sostenibilidad del negocio.

En este sentido se recomienda fortalecer las capacidades del equipo de mantenimiento a través de programas de capacitación continua implementando tecnologías de monitoreo y desarrollando protocolos estandarizados para intervenciones correctivas y preventivas además se debe fomentar una cultura organizacional que se oriente a la excelencia operativa donde la toma de decisiones se basa en datos que proporcionan la prevención por encima de la reacción.

Finalmente el estudio confirma que los indicadores claves de mantenimiento no solo permiten la evaluación del rendimiento técnico sino que son herramientas estratégicas que mejoran la productividad la incidencia directa de estos KPIS en los resultados operativos justifican su monitoreo constante y su integración en los planes de desarrollo empresarial gestión

eficaz del mantenimiento que es determinante para garantizar el crecimiento sostenido de la eficiencia operativa y la competitividad del sector lácteo en un entorno cada vez más exigente.

Contraste con otras investigaciones.

La comparación entre los resultados de la actual investigación, y los antecedentes revisados muestra tanto una convergencia conceptual esencial como una ventaja cuantitativa en los descubrimientos. El estudio confirma la hipótesis principal que defiende la literatura especializada en el campo de la manufactura y los productos lácteos: optimizar la productividad operativa requiere una gestión eficaz del mantenimiento, mediada por Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs), que se erige como un pilar estratégico indispensable. Este alineamiento conceptual se fortalece con la evidencia estadística, ya que hay una correlación muy fuerte ($r \approx 0.96$) entre el volumen de producción y la disponibilidad operativa, lo cual es coherente con la perspectiva de optimización planteada por Correa (2024).

Sin embargo, lo importante de esta investigación radica en la magnitud del impacto conseguido, que supera con creces los datos de mejora reportados anteriormente, contrastando con el incremento cercano al 15% del MTBF reportado por las investigaciones previas, el estudio actual muestra un efecto más amplio, logrando una mejora del 48.92% en el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) y una reducción del 36.61% en el Tiempo Medio de Reparación (MTTR). Esta cuantificación, al evidenciar un impacto directo y muy positivo en la fiabilidad y la productividad mediante la optimización del sistema de gestión, respalda y va más allá de los principios que Santa Velásquez (2018) había establecido.

Al mismo tiempo, la presente investigación concuerda con lo que Macas Poma y Tuquerres Mosquera (2022) han expresado al señalar que las limitaciones de eficiencia continúan debido a factores operativos, tales como insuficiente planificación y capacitación inadecuada, lo que subraya la importancia de incluir un mantenimiento sistemático. Por último, el aporte metodológico del estudio se resalta al emplear el análisis exhaustivo de KPIs y el Análisis de Weibull, y proporcionar un marco predictivo más sólido que los antecedentes. Este enfoque va más allá de la medición a posteriori y brinda un modelado de fallas con mayor precisión y capacidad de anticipación en la programación del mantenimiento.

Discusión de la verificación de la hipótesis.

Los datos empíricos recopilados durante la investigación, en especial los obtenidos a partir del análisis estadístico de regresión y correlación, respaldan de manera indiscutible la hipótesis de trabajo (Ha). Los hallazgos muestran que hay una correlación directa y muy significativa ($r \approx 0.96$) entre el aumento sostenido de la productividad en la compañía láctea y la gestión eficaz de los Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs) del mantenimiento.

La habilidad de las variables de mantenimiento (MTTR y MTBF) para explicar la variabilidad en la variable dependiente (Productividad) es el fundamento de esta verificación, estableciéndose una correlación directa entre un aumento del volumen de producción y una reducción en las horas de inactividad no programada, lo que explica el significativo progreso de los indicadores: el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) creció en un 48.92% y el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) disminuyó en un 36.61%.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la nula (H_0), que sostiene que no hay relación. Además de confirmar el marco teórico y los antecedentes que consideraban la gestión del mantenimiento como un elemento estratégico, esta investigación mide el tamaño del impacto, indicando que invertir en la optimización de procesos de mantenimiento produce un retorno directo y medible en términos de capacidad productiva y eficacia operativa de la planta. El hallazgo se fortalece con el análisis de Weibull, un método predictivo, ya que demuestra que la confiabilidad puede modelarse y que una gestión fundamentada en datos y proactiva es el principal motor para maximizar el rendimiento de los activos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian una tendencia positiva en la eficiencia operativa del procesador durante el segundo y tercer trimestre del 2024 donde se observó mejoras progresivas en las disponibilidad alcanzando un 97% en el tercer trimestre lo que indica una mayor capacidad del equipo para mantenerse operativo y responder a las exigencias de producción, este comportamiento refleja una adecuada planificación del mantenimiento y una optimización en la gestión del tiempo productivo frente al no productivo.

El análisis del MTBF reveló el incremento sustancial entre trimestres pasando de 1.488,27 horas por falla a 2.532,00 horas lo que representa un avance significativo en la contabilidad del equipo, este indicador pone en evidencia la efectividad de las estrategias del mantenimiento preventivo y correctivo aplicadas, así como una posible mejora en la calidad de los componentes del sistema esta evolución positiva reduce los riesgos de interrupciones inesperadas en el proceso productivo.

Respecto al MTTR La reducción de 78,33 a 51,60 horas sugiere un fortalecimiento en la capacidad de respuesta del equipo técnico ante fallas permitiendo restablecer las operaciones en un menor tiempo este hallazgo confirma una mejora en los procesos de reparación disponibilidad de repuestos y personal técnico calificado factores claves para la sostenibilidad operativa además de la disminución de los tiempos muertos que refuerzan la eficiencia en la gestión de recursos y la reducción de pérdidas económicas.

En base a lo anterior se concluye que las mejoras en los indicadores de disponibilidad MTBF y MTTR responden directamente en el rendimiento global de los equipos permitiendo alcanzar mayores niveles de productividad estos resultados responden afirmativamente a las preguntas de investigación relacionadas con el impacto de la gestión técnica en el desempeño de los equipos No obstante es recomendable que estudios futuros incluyan variables adicionales como costos de mantenimiento análisis de causa raíz de Falla y eficiencia energética para mantener una visión más integral del comportamiento del sistema.

Recomendación

Se recomienda que la empresa fortalezca el mantenimiento preventivo y predictivo en los equipos para mejorar los indicadores de MTBF y reducir la frecuencia de fallas una planificación más rigurosa del mantenimiento acompañada de las capacitaciones al personal técnico permitirán incrementar la confiabilidad del sistema productivo y asegurar una mayor disponibilidad operativa esta acción contribuye directamente a la mejora del tiempo productivo y a la reducción de los costos asociados a las fallas.

En función de los resultados del MTTR se sugiere implementar protocolos de respuesta más eficientes ante fallas, así como reforzar el stock de repuestos críticos y herramientas necesarias para reparaciones la implementación de un sistema digital de gestión de mantenimiento podrá optimizar los tiempos de respuesta y reparación lo que hoy incidirá en una reducción de los tiempos muertos no planificados lo cual es crucial para el cumplimiento de metas de producción.

Respecto a los tiempos muertos es recomendable realizar un análisis continuo de las causas que lo generan con énfasis en los factores organizacionales y operativos que afectan la eficiencia estableciendo sistemas de monitoreo en tiempo real y aplicando metodologías como el ciclo PHVA permitiendo controlar mejor los indicadores y evitando el crecimiento la mejora en este aspecto garantiza una gestión eficaz de los recursos disponibles.

Finalmente, para estudios futuros se propone analizar la relación entre los indicadores técnicos MTBF, MTTR, disponibilidad y variables económicas como el costo por hora parada y el impacto en la rentabilidad mensual también recomendando ampliar la muestra temporal a 1 año completo para obtener tendencias más representativas, así como incorporar nuevas métricas como la eficiencia global del equipo para enriquecer el análisis y facilitar la toma de decisiones estratégicas.


BIBLIOGRAFÍA


- Chacha Guasti, A. M. (2022). *Cuadro de mando integral y la productividad en la empresa láctea Tanilact de la parroquia Tanicuchí de la provincia de Cotopaxi (Tesis de pregrado)*. . Obtenido de Universidad Regional Autónoma de los Andes.: <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/14469>
- Chaneski, W. S. (2021). *Using KPIS to improve manufacturing performance*. . Obtenido de Modern Machine Shop. : <https://www.mmsonline.com>
- Correa, E. (2024). *Gestión de indicadores y el recurso humano como estrategias de mejora en el área de mantenimiento de una industria de lácteos (Tesis de pregrado)*. . Obtenido de Universidad de Piura.: <https://gestionrepo.udep.edu.pe/items/590e8ad5-c7cd-4717-98f4-ab5bc8c6eeb6>
- Deloitte. (2023). Predictive maintenance and smart manufacturing. . <https://www2.deloitte.com>.
- Escobar, M., & Villacís, L. (2021). *Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo programado para la Empresa de Lácteos Campo Fino de la ciudad de Salcedo utilizando la metodología RCM*. . Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. : <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16222>
- Fernández, J. (2021). Gestión del mantenimiento basada en indicadores. . Editorial Alfaomega.
- García, J. M. (2019). Gestión de mantenimiento basada en indicadores de desempeño. . *Revista Ingeniería Industrial*, 39(3), 55-62.
- INEN. (2016). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 55000: Gestión de activos – Generalidades, principios y terminología*. Obtenido de Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Lozada Rivera, D. E., & Puertas Aragon, C. N. (2024). *Incremento de la productividad en una empresa ganadera láctea de la región Arequipa, Perú, mediante la aplicación de Lean Manufacturing (Tesis de pregrado)*. . Obtenido de Universidad de Lima. : <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/21279>
- Macas Poma, D. B., & Tuquerres Mosquera, E. A. (2022). *Diseño de un plan de mantenimiento*

- productivo en el área de servicios industriales en la empresa Láctea Tanilact (Tesis de pregrado)*. . Obtenido de Universidad Técnica de Cotopaxi. : <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9260>
- Mobley, R. K. (2020). *Maintenance Fundamentals (3rd ed.)*. . *Butterworth-Heinemann*.
- OIT. (2022). Informe mundial sobre trabajo seguro y productivo. . <https://www.ilo.org>.
- Pérez, L., & Rodríguez, C. (2022). Análisis de indicadores clave para la gestión de mantenimiento en industrias manufactureras. . *Revista Iberoamericana de Ingeniería Industrial*, 14(2), 102–118.
- PwC. (2023). Digital operations study: Smart manufacturing. . <https://www.pwc.com>.
- Reyes, D., & Villavicencio. (2021). Gestión del mantenimiento industrial en empresas manufactureras ecuatorianas: diagnóstico y estrategias de mejora. . *Revista Técnica de Ingeniería Industrial*, 7(1), 34–45.
- Santa Velásquez, J. C. (2018). *Optimización del sistema de gestión de mantenimiento preventivo - predictivo de activos del proceso de pasteurización de leche de empresa láctea (Tesis de pregrado)*. . Obtenido de Instituto Tecnológico Metropolitano. : <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/1637>
- Statista. (2023). Downtime cost in manufacturing worldwide. . <https://www.statista.com>.
- Zambrano, R., & Naranjo, M. (2020). *Evaluación de la gestión del mantenimiento industrial y su relación con la productividad en plantas procesadoras de alimentos en Ecuador*. . Obtenido de Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Industrial.

ANEXO 2

Fichas técnicas de los equipos intervenidos

GLORIA		FICHA TÉCNICA													
Thimonnier N°1															
CENTRO DE COSTO:	751011322	MODELO:	TP 4200												
UBICACIÓN ÁREA:	DERIVADOS LACT	DENOMINACIÓN:	ENVASADORA THIMONNIER - LINEA 1												
FABRICANTE:	Thimonnier SAS	CLASE DE EQUIPO	Equipos Llenado												
UBICACIÓN TÉCNICA:	EC02-DL-EUB-01	CÓDIGO SAP:	EC02LL10060100												
ORD. INTERNA EQUIPO		ORD. INT. MANTTO MAYOR	-												
N° PLAN MANTTO PREV.		N° PLAN MANTTO MAYOR	-												
FUNCIÓN Formar, esterilizar, llenar y sellar envases flexibles (bolsas) con productos líquidos bajo condiciones asépticas.															
		ESPECIFICACIÓN TÉCNICA													
		Tensión eléctrica:	440 V trifásico + neutro, 50-60 Hz												
		Aire comprimido:	presión de entrada 7-9 bar, presión efectiva 6 bar, flujo = 2 Nm³/h												
		Agua de enfriamiento:	caudal = 300 L/h (entrada a = 2 bar), temperatura de entrada de 20-30 °C												
		Consumo de H ₂ O ₂ :	0,5 L por cada 10.000 bolsas para producción, y aprox. 1,4 L para esterilización.												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ITEM</th> <th>OBSERVACIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> </tbody> </table>		ITEM	OBSERVACIONES	1		2		3		4		5			
ITEM	OBSERVACIONES														
1															
2															
3															
4															
5															
Elaborado por: Camila Salinas		Aprobado por:													
Revisado por: Gerardo Rojas		Doc. N°													

GLORIA		FICHA TÉCNICA													
Thimonnier N°2															
CENTRO DE COSTO:	751011322	MODELO:	TP 7200												
UBICACIÓN ÁREA:	DERIVADOS LACT	DENOMINACIÓN:	ENVASADORA THIMONNIER - LINEA 2												
FABRICANTE:	Thimonnier SAS	CLASE DE EQUIPO	Equipos Llenado												
UBICACIÓN TÉCNICA:	EC02-DL-EUB-03	CÓDIGO SAP:	EC02LL10060300												
ORD. INTERNA EQUIPO		ORD. INT. MANTTO MAYOR	-												
N° PLAN MANTTO PREV.		N° PLAN MANTTO MAYOR	-												
FUNCIÓN Formar, esterilizar, llenar y sellar envases flexibles (bolsas) con productos líquidos bajo condiciones asépticas.															
		ESPECIFICACIÓN TÉCNICA													
		Tensión eléctrica:	440 V trifásico + neutro, 50-60 Hz												
		Aire comprimido:	presión de entrada 7-9 bar, presión efectiva 6 bar, flujo = 2 Nm³/h												
		Agua de enfriamiento:	caudal = 300 L/h (entrada a = 2 bar), temperatura de entrada de 20-30 °C												
		Consumo de H ₂ O ₂ :	0,5 L por cada 10.000 bolsas para producción, y aprox. 1,4 L para esterilización.												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ITEM</th> <th>OBSERVACIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> </tbody> </table>		ITEM	OBSERVACIONES	1		2		3		4		5			
ITEM	OBSERVACIONES														
1															
2															
3															
4															
5															
Elaborado por: Camila Salinas		Aprobado por:													
Revisado por: Gerardo Rojas		Doc. N°													

GLORIA		FICHA TÉCNICA	
TBA-8			
CENTRO DE COSTO:	751011320	MODELO:	TBA 8/1000 SLIM
UBICACIÓN ÁREA:	DERIVADOS LACT	DENOMINACIÓN:	ENVASADORA TBA 8/1000 SLIM - L1
FABRICANTE:	TETRA PAK	CLASE DE EQUIPO	Equipos Llenado
UBICACIÓN TÉCNICA:	EC02-DL-EUC-01	CÓDIGO SAP:	EC02LL10050100
ORD. INTERNA EQUIPO		ORD. INT. MANTTO MAYOR	-
N° PLAN MANTTO PREV.		N° PLAN MANTTO MAYOR	-
FUNCIÓN	Llenar y sellar envases de cartón asépticos con líquidos alimenticios de larga duración.		
		ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	
		Tensión eléctrica:	400 V / 3 fases (y versiones para distintas regiones)
		Carga térmica estimada	~ 45 kW térmicos
		Requerimientos de vapor	Presión entre 1 y 2,5 bar, consumo ~ 10 kg/h (reportado para versión usada)
		Aire comprimido	Presión 6-7 bar (necesario para operación aséptica)
		Consumo de H ₂ O ₂	Entre 1,5 y 2,0 L/h (para versión usada)
		Capacidad de producción	~ 6.000 envases/hora para varios formatos (por ejemplo 1.000 ml slim)
		Volumen de envase	1.000 ml slim
		ITEM	OBSERVACIONES
1	Incluye sistema de esterilización del sistema, sistemas de baño de H ₂ O ₂ , tuberías, válvulas, bombas, control de temperatura, componentes CIP		
Elaborado por:	Camila Salinas	Aprobado por:	
Revisado por:	Gerardo Rojas	Doc. N°	

GLORIA		FICHA TÉCNICA	
TBA-19			
CENTRO DE COSTO:	751011321	MODELO:	TBA19 10V
UBICACIÓN ÁREA:	DERIVADOS LACT	DENOMINACIÓN:	ENVASADORA TBA 19/200 SLIM LINEA 2
FABRICANTE:	TETRA PAK	CLASE DE EQUIPO	Equipos Llenado
UBICACIÓN TÉCNICA:	EC02-DL-EUC-02	CÓDIGO SAP:	EC02LL10050200
ORD. INTERNA EQUIPO		ORD. INT. MANTTO MAYOR	-
N° PLAN MANTTO PREV.		N° PLAN MANTTO MAYOR	-
FUNCIÓN	Llenar y sellar envases de cartón asépticos con líquidos alimenticios de larga duración.		
		ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	
		Tensión eléctrica:	400 V / 3 fases (y versiones para distintas regiones)
		Formato de envase	200 ml, 250 ml (slim)
		Requerimientos de vapor	1,7 bar para el paquete aséptico
		Aire comprimido	Presión 6-7 bar (necesario para operación aséptica)
		Consumo de H ₂ O ₂	Entre 1,5 y 2,0 L/h (para versión usada)
		Capacidad de producción	Hasta ~ 6.500 envases/hora
		Volumen de envase	200 ml slim
		ITEM	OBSERVACIONES
1			
2			
3			
4			
5			
Elaborado por:	Camila Salinas	Aprobado por:	
Revisado por:	Gerardo Rojas	Doc. N°	

ANEXO 3

Registro de Fallas SAP Thimonnier 1

Orden	Cl.orden	AMa	Fe.creac.	Fecha ref.	Equipo	HoraRef	Texto breve	Status del sistema	Σ SumCosReal	Σ SumCostPin	Apellido
8043194	ZL02	002	24.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060100	09:47:51	CAMBIO DE ESLAVONES EN BANDA TRANSPORTE	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	20,21	18,22	
8043183	ZL01	002	21.05.2024	30.06.2024	EC02LL10060100	16:55:23	CAMBIO D RESIST-RASPADOR-SENSOR NIVELTH1	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	1.367,71	619,76	
8043176	ZL02	002	20.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060100	09:49:03	SRV SUFRIDERA	CTEC NOTP KKMP MOVN NLIQ PREC	261,63	0,00	
8043170	ZL01	002	17.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060100	09:50:12	HOJA DE RUTA TH1	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	749,60	744,62	
8043158	ZL02	002	15.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060100	09:50:59	CAMBIO DE PRENSAS VERTICALES TH1	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	35,23	32,21	
8043139	ZL01	003	10.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060100	09:52:17	cambio sensor de nivel thimonnier1	CTEC NOTP DMNV FMAT MOVN NLIQ PREC	40,43	36,45	
8043140	ZL01	002		31.05.2024	EC02LL10060100	09:52:24	CAMBIO FERRULES THIM1	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC	30,32	27,33	
8043113	ZL02	002	07.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060100	09:53:54	CAMBIO FERRULES Y AFILADO RASPADORE	CTEC NOTP DMNV KKMP MOVN NLIQ PREC	194,28	45,55	
8043085	ZL02	002	04.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060100	09:56:05	RASPADORES TH1	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	15,16	13,67	
8043086	ZL02	002		31.05.2024	EC02LL10060100	09:56:10	CAMBIO DE FILTROS DE PLUMON	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	10,11	9,42	
8043072	ZL02	002	03.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060100	09:56:28	CAMBIO MESUAL FERRULES TH1	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	30,32	28,26	
8043074	ZL02	002		31.05.2024	EC02LL10060100	09:56:38	CAMBIO DE VALVULAS MARIPOSA DRENAJE TH1	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	492,42	487,44	
8043077	ZL02	002		31.05.2024	EC02LL10060100	09:56:52	REVISION MORDAZA VERTICAL TH1	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	4.683,96	4.679,00	
8043058	ZL02	002	30.04.2024	30.04.2024	EC02LL10060100	19:35:17	maquina codificadora dañada Cbz B	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	27,33	28,26	
8043059	ZL02	002		30.04.2024	EC02LL10060100	19:35:17	daño de resistencia baño Maria	CTEC NOTP FCAP KKMP NLIQ PREC	54,67	56,52	
8043048	ZL01	007	29.04.2024	30.04.2024	EC02LL10060100	19:35:20	CAMBIO DE PLC Y PRUEBAS CALIBRACION DOSI	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC	27,33	28,26	
8043049	ZL01	002		30.04.2024	EC02LL10060100	19:35:40	CAMBIO DE FAJA DENTADA BALANSIN ALIMENTA	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC	18,22	18,84	
8043043	ZL02	002	26.04.2024	30.04.2024	EC02LL10060100	19:35:41	CAMBIO DE BANDA ENCODER CABEZAL A TH1	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	36,38	37,00	
8043039	ZL01	002	25.04.2024	30.04.2024	EC02LL10060100	19:35:42	CAMBIO DE ULTRA 3000 TH1	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	3.890,80	3.891,73	
8043034	ZL01	002	24.04.2024	30.04.2024	EC02LL10060100	19:35:43	CAMBIO DE EMPAQUE OLLLA DE PRODUCTO TH1	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	159,80	161,65	
8042995	ZL02	002	12.04.2024	30.04.2024	EC02LL10060100	19:36:31	TABLERO ELECTRICO TH1	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	27,33	28,26	
8042997	ZL01	007		30.04.2024	EC02LL10060100	19:36:32	REVICION DE ETIQUETADORA	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC	45,56	47,09	
8042965	ZL01	002	07.04.2024	30.04.2024	EC02LL10060100	19:37:59	CAMBIO FERRULES Y AFILADO RASPADORE	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	91,11	94,20	
8042957	ZL02	002	04.04.2024	30.04.2024	EC02LL10060100	19:43:34	CAMBIO DE FILTROS BACTERIOLOGICOS	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	908,78	909,71	
8042940	ZL02	002	01.04.2024	30.04.2024	EC02LL10060100	19:43:37	REENCAUCHE DE RUEDAS TH1	CTEC NOTP DMNV KKMP MOVN NLIQ PREC	404,62	18,84	
									49.908,31	39.250,13	

ANEXO 4

Registro de Fallas SAP Thimonnier 2

Orden	Cl.orden	AMA	Fe.creac.	Fecha ref.	Equipo	HoraRef	Texto breve	Status del sistema	ΣSumCosR...	ΣSumCostPln	Apellido	PtoTrbRe:
8042951	ZL02	002	02.04.2024	30.04.2024	EC02LL10060300	19:43:36	FALLAS EN TH 2 PRODUCCION	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	36,45	37,68		MTO-MEC
8042958	ZL02	002	04.04.2024	30.04.2024	EC02LL10060300	19:43:34	REVISIÓN CABEZAL C TH2	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	1.800,87	1.806,26		MTO-MEC
8042978	ZL02	002	10.04.2024	30.04.2024	EC02LL10060300	19:37:57	CAMBIO RASPADORES LADO D	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	352,98	354,84		MTO-MEC
8042994	ZL02	002	12.04.2024	30.04.2024	EC02LL10060300	19:36:31	CAMBIO DE RASPADORES TH2	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	222,05	224,52		MTO-MEC
8043000	ZL02	002	15.04.2024	30.04.2024	EC02LL10060300	19:36:09	FABRICACION DE SUFRIDERAS TH1	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC	0,00	0,00		MTO-MEC
8043021	ZL01	003	21.04.2024	30.04.2024	EC02LL10060300	19:36:06	CABIO VENTANA SUPERIOR LADO C	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC	18,22	18,84		MTO-MEC
8043035	ZL02	002	24.04.2024	30.04.2024	EC02LL10060300	19:35:43	FABRICACION DE SUFRIDERAS DE PRUEBA	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC	72,89	75,35		MTO-MEC
8043038	ZL01	002	25.04.2024	30.04.2024	EC02LL10060300	19:35:42	CAMBIO DE KIT ACTUADOR VALVULA BARRERA	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	160,95	161,88		MTO-MEC
8043071	ZL02	002	03.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060300	09:56:24	CAMBIO MENSUAL DE FERRULES TH2	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	101,73	97,84		MTO-MEC
8043073	ZL02	002		31.05.2024	EC02LL10060300	09:56:32	CAMBIO DIAFRAGMA VALVULAS GEMU TH2	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	1.347,92	1.346,56		MTO-MEC
8043075	ZL02	002		31.05.2024	EC02LL10060300	09:56:42	CAMBIO DE VALVULAS MARIPOSA DRENAJE TH2	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	462,09	460,10		MTO-MEC
8043100	ZL02	002	06.05.2024	30.06.2024	EC02LL10060300	16:55:38	FABRICACION DE SUFRIDERAS DE PRUEBA	CTEC NOTP DMNV FCAP KKMP MOVN NLI...	232,02	101,06		MTO-MEC
8043121	ZL02	002	07.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060300	09:54:29	FABRICACION DE SUFRIDERAS TH1	CTEC NOTP FCAP KKMP MOVN NLIQ PREC	306,32	28,26		MTO-MEC
8043143	ZL02	002	12.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060300	09:52:08	CAMBIO DE RESISTENCIAS TH2	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	834,29	826,31		MTO-MEC
8043144	ZL01	002		31.05.2024	EC02LL10060300	09:52:13	RASPADORES TH 2	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	369,05	362,10		MTO-MEC
8043145	ZL01	002	13.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060300	09:51:43	VALVULA BARRERA DE VAPOR TH2	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	163,45	160,45		MTO-MEC
8043159	ZL01	003	15.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060300	09:51:04	MANTENIMIENTO MORDAZA VERTICAL C	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	80,85	72,89		MTO-MEC
8043162	ZL02	002	16.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060300	09:50:34	CAMBIO DE CABLES SELLADO VERTICAL	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	318,16	315,17		MTO-MEC
8043171	ZL01	002	17.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060300	09:50:20	HOJA DE RUTA TH2	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	962,59	957,61		MTO-MEC
8043180	ZL01	003	20.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060300	09:49:23	FALLO DE SOLDADURA HORIZONTAL LADO D	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC	20,21	18,22		MTO-MEC
8043192	ZL01	002	23.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060300	09:48:32	MANTENIMIENTO MORDAZA HORIZONTAL	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	124,65	122,66		MTO-MEC
8043195	ZL02	002	24.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060300	09:47:58	BANDA TRANSPORTE TH2	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	10,11	9,11		MTO-MEC
8043215	ZL01	002	29.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060300	09:46:23	CAMBIO FILTROS DE FELFA	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	20,21	18,22		MTO-MEC
8043217	ZL02	002		31.05.2024	EC02LL10060300	09:46:27	CAMBIO DE FIBRA OPRICA	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	186,64	180,66		MTO-MEC
8043223	ZL01	007	30.05.2024	31.05.2024	EC02LL10060300	09:44:59	FALLO EN TEMPERATURA DEL BAÑO MARIA	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	59,65	56,73		MTO-MEC
8043229	ZL01	002		31.05.2024	EC02LL10060300	09:45:22	cambio de raspadores	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC	40,43	36,44		MTO-MEC
8043230	ZL01	002		31.05.2024	EC02LL10060300	09:45:26	nueva de raspadores	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC	30,32	27,33		MTO-MEC

ANEXO 5

Registro de Fallas SAP TBA8

Orden	Cl.orden	AMA	Fe.creac.	Fecha ref.	Equipo	HoraRef	Texto breve	Status del sistema	ΣSumCosR...	ΣSumCostPln	Apellido	PtoTrbRi
8042943	ZL02	002	01.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050100	19:43:37	REVISION TBA8-UK FOTOCELDA REGULARIZAR S	CTEC NOTP DMNV KKMP MOVN NLIQ PREC	8.912,15	28,26		MTO-MEI
8042952	ZL02	002	02.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050100	19:43:36	FALLAS DE CODIFICADORA TBA8	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	9,11	10,28		MTO-MEI
8042963	ZL02	002	06.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050100	19:38:00	MTTO SEMANAL TBA8	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	141,92	144,69		MTO-MEI
8042966	ZL01	005	07.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050100	19:37:59	TEMPERATURA AT BAJA	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC	18,22	18,84		MTO-MEI
8042968	ZL01	002	08.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050100	19:37:57	cambio de oring del siste de corte	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	144,16	145,10		MTO-MEI
8042977	ZL02	002	10.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050100	19:36:33	REVISION VALVULA B TBA8	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	57,59	57,90		MTO-MEI
8042979	ZL01	002	11.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050100	19:36:32	CAMBIO DE CASQUILLO LADO DERECHO	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	755,17	757,75		MTO-MEI
8042983	ZL02	002		30.04.2024	EC02LL10050100	19:36:33	CAMBIO DE MANGUERAS NEUMATICAS TBA8	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	83,37	85,85		MTO-MEI
8042990	ZL02	002	12.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050100	19:36:30	CAMBIO DE RESORTES DE FLAP	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	142,66	145,75		MTO-MEI
8042998	ZL01	002		30.04.2024	EC02LL10050100	19:36:32	FALLO DE CORRECCION DE DISEÑO	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC	36,45	37,68		MTO-MEI
8043016	ZL01	002	17.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050100	19:36:08	CAMBIO DE RESISTENCIA FLAP TBA8	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	869,73	870,96		MTO-MEI
8043017	ZL01	002	18.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050100	19:36:07	CAMBIO DE SENSOR	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	95,91	96,84		MTO-MEI
8043019	ZL01	003	20.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050100	19:36:07	MONITOREA EL ARRANQUE CON PROBLEMAS	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC	27,33	28,26		MTO-MEI
8043023	ZL01	003	22.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050100	19:36:05	MANTENIMIENTO TBA8	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	725,61	948,25		MTO-MEI
8043025	ZL01	002	23.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050100	19:35:43	TBA8	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	121,61	123,76		MTO-MEI
8043042	ZL02	002	26.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050100	19:35:41	CAMBIO DE SENSOR DE SOBRECARGA TBA8	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	61,90	62,44		MTO-MEI
8043044	ZL01	002	27.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050100	19:35:41	CAMBIO MOTORREDUCTOR ASU TBA8	CTEC NOTP DMNV NLIQ PREC	27,33	1.221,09		MTO-MEI
8043053	ZL02	002	30.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050100	19:35:15	REPUESTOS ADICIONALES OVERHAUL TBA8	CTEC NOTP FMAT MOVN NLIQ PREC	1.231,11	1.299,22		MTO-MEI
8043063	ZL02	002		30.04.2024	EC02LL10050100	19:35:19	REFORZADO DE ESTRUCTURA EN TBA8	CTEC NOTP FCAP KKMP NLIQ PREC	27,33	28,26		MTO-MEI
8043079	ZL01	007	03.05.2024	31.05.2024	EC02LL10050100	09:57:02	FALLO DE CORRECCION DISEÑO EN ARRANQUE	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC	20,21	18,84		MTO-MEI
8043083	ZL02	002	04.05.2024	31.05.2024	EC02LL10050100	09:55:56	ARRANQUE DE TBA8	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	80,85	72,89		MTO-MEI
8043094	ZL02	002	06.05.2024	31.05.2024	EC02LL10050100	09:55:03	REFORZADO DE ESTRUCTURA EN TBA8	CTEC NOTP KKMP MOVN NLIQ PREC	510,32	28,26		MTO-MEI
8043132	ZL02	002	09.05.2024	31.05.2024	EC02LL10050100	09:52:37	CAMBIO DE SENSOR DE PRESION TBA8	CTEC NOTP DMNV KKMP MOVN NLIQ PREC	60,64	54,66		MTO-MEI
8043135	ZL01	002		31.05.2024	EC02LL10050100	09:52:51	CAMBIO DE CENTRAL HIDRAULICA	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	343,62	309,79		MTO-MEI
8043137	ZL02	002		31.05.2024	EC02LL10050100	09:53:02	CAMBIO DE DOLLYS TBA8	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	50,53	105,55		MTO-MEI
8043160	ZL02	002	16.05.2024	31.05.2024	EC02LL10050100	09:50:25	REVISION SELLADOS TBA8	CTEC NOTP DMNV MOVN NLIQ PREC	295,37	291,38		MTO-MEI
8043164	ZL01	002		31.05.2024	EC02LL10050100	09:50:43	ajustes de la prensa del plegador	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	40,43	36,44		MTO-MEI

ANEXO 6

Registro de Fallas SAP TBA19

Orden	Cl.orden	AMA	Fe.creac.	Fecha ref.	Equipo	HoraRef	Texto breve	Status del sistema	ΣSumCosR...	ΣSumCostPln	Apellido	PtoTrbRes
8042945	ZL01	002	01.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050200	19:43:37	ERROR EN TPIH	CTEC NOTP DMNV NLIQ PREC	31,89	32,97		MTO-MEC
8042948	ZL01	002	02.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050200	19:43:35	TANQUE DE PEROXIDO TBA19	CTEC NOTP DMNV MOV M NLIQ PREC	1.674,49	1.676,33		MTO-MEC
8042972	ZL02	002	08.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050200	19:37:58	CAMBIO DE FILTRO SCRUBBER TBA19	CTEC NOTP DMNV MOV M NLIQ PREC	515,82	518,59		MTO-MEC
8043033	ZL01	002	23.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050200	19:36:05	MANTENIMIENTO COCHE PORTABOBINAS TBA19	CTEC NOTP FCAP KKMP NLIQ PREC	72,89	75,35		MTO-MEC
8043050	ZL01	002	30.04.2024	30.04.2024	EC02LL10050200	19:35:15	CAMBIO DE CABLE COAXIAL TBA19	CTEC NOTP DMNV MOV M NLIQ PREC	289,03	289,65		MTO-MEC
8043055	ZL02	002		30.04.2024	EC02LL10050200	19:35:16	CAMBIO DE ORING	CTEC NOTP FCAP MACO MOV M NLIQ PR...	61,38	61,69		MTO-MEC
8043101	ZL02	002	06.05.2024	31.05.2024	EC02LL10050200	09:55:32	MANTENIMIENTO COCHE PORTABOBINAS TBA19	CTEC NOTP FCAP KKMP MOV M NLIQ PREC	627,84	75,35		MTO-MEC
8043133	ZL02	002	09.05.2024	31.05.2024	EC02LL10050200	09:52:42	CAMBIO DE SENSOR DE PRESION TBA19	CTEC NOTP DMNV KKMP MOV M NLIQ PR...	80,85	72,90		MTO-MEC
8043138	ZL02	002		31.05.2024	EC02LL10050200	09:53:06	CAMBIO DE DOLLYS TBA19	CTEC NOTP DMNV MOV M NLIQ PREC	96,85	92,84		MTO-MEC
8043147	ZL02	002	13.05.2024	31.05.2024	EC02LL10050200	09:51:52	CAMBIO DE CILINDRO- HEAT GUARD	CTEC NOTP DMNV MOV M NLIQ PREC	195,59	192,60		MTO-MEC
8043156	ZL02	002	14.05.2024	31.05.2024	EC02LL10050200	09:51:39	CILINDRO DE PARADA CORTA TBA19	CTEC NOTP DMNV MOV M NLIQ PREC	32,18	30,18		MTO-MEC
8043169	ZL01	002	17.05.2024	31.05.2024	EC02LL10050200	09:50:07	HOJA DE RUTA TBA19	CTEC NOTP DMNV MOV M NLIQ PREC	50,53	101,96		MTO-MEC
8043179	ZL01	003	20.05.2024	31.05.2024	EC02LL10050200	09:49:18	FALLO EN SOLDADURA TRANSVERSAL LADO IZQU	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC	20,21	18,22		MTO-MEC
8043189	ZL02	002	23.05.2024	31.05.2024	EC02LL10050200	09:48:21	CAMBIO DE RESORTES DESLIZADERA TBA19	CTEC NOTP DMNV MOV M NLIQ PREC	143,98	139,66		MTO-MEC
8043197	ZL02	002	24.05.2024	31.05.2024	EC02LL10050200	09:48:08	ARRANQUE DE TBA19	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	171,81	154,90		MTO-MEC
8043244	ZL01	002	01.06.2024	30.06.2024	EC02LL10050200	16:54:11	cambio de rodamiento	CTEC NOTP DMNV MOV M NLIQ PREC	110,20	89,29		MTO-MEC
8043254	ZL02	002	04.06.2024	30.06.2024	EC02LL10050200	16:52:55	CAMBIO DE SELLO MECÁNICO TBA19	CTEC NOTP DMNV MOV M NLIQ PREC	1.013,05	838,76		MTO-MEC
8043285	ZL01	002	08.06.2024	30.06.2024	EC02LL10050200	16:49:30	problemas de correccion de diseño TBA19	CTEC NOTP DMNV MOV M NLIQ PREC	758,55	743,63		MTO-MEC
8043319	ZL01	001	14.06.2024	30.06.2024	EC02LL10050200	16:44:07	ALARMA DE MANDIBULAS	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC	26,19	20,21		MTO-MEC
8043322	ZL02	002	16.06.2024	30.06.2024	EC02LL10050200	16:43:28	CAMBIO DE INDUCTOR TBA19	CTEC NOTP DMNV MOV M NLIQ PREC	608,48	602,50		MTO-MEC
8043346	ZL02	002	24.06.2024	30.06.2024	EC02LL10050200	16:41:31	REVISION DE CABLES DE CONEXION	CTEC NOTP DMNV FMAT MOV M NLIQ PR...	288,74	285,76		MTO-MEC
8043355	ZL02	002	28.06.2024	30.06.2024	EC02LL10050200	16:39:40	AJUSTE REPUESTOS TBA19	CTEC NOTP DMNV MOV M NLIQ PREC	1.932,32	1.920,38		MTO-MEC
8043370	ZL01	002	29.06.2024	30.06.2024	EC02LL10050200	16:38:25	se realiza el listado de los repuestos	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	196,39	151,60		MTO-MEC
8043428	ZL01	002	04.07.2024	31.07.2024	EC02LL10050200	12:23:09	cambio de termocupla del sl	CTEC NOTP DMNV KKMP NLIQ PREC	43,54	52,37		MTO-MEC
8043452	ZL01	002	11.07.2024	31.07.2024	EC02LL10050200	11:20:35	CAMBIO DE EJE CUCHILLA DE CORTE TBA19	CTEC NOTP DMNV MOV M NLIQ PREC	66,39	73,02		MTO-MEC
8043500	ZL02	002	18.07.2024	31.07.2024	EC02LL10050200	11:02:18	CAMBIO DE ELECTROVALVULA TBA19	CTEC NOTP DMNV MOV M NLIQ PREC	321,84	326,26		MTO-MEC
8043505	ZL02	002	19.07.2024	31.07.2024	EC02LL10050200	10:59:10	CONSTRUCCION DE DISCO BANDA TBA19	CTEC NOTP DMNV KKMP MOV M NLIQ PR	471,77	26,19		MTO-MEC

ANEXO 7

Aprobación de Abstract Departamento de Idiomas

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

Industrial Engineering

AUTHOR: SANCHEZ OÑATE JEFERSON ALEJANDRO

TUTOR: MG. SARMIENTO ORTIZ FABIAN ALBERTO

ABSTRACT

ANALYSIS OF MAINTENANCE KPIS AND THEIR IMPACT ON PRODUCTIVITY IN A DAIRY COMPANY

The present study, conducted between April 2024 and April 2025, analyzed the impact of key performance indicators (KPIs) of the maintenance area on the productivity of a dairy sector company. A mixed approach was employed, combining quantitative analysis of metrics such as MTBF, MTTR, operational availability, and failure rate with a qualitative analysis through staff interviews. The results show a robust correlation between operational availability and production ($r=0.96$), confirming that the effective management of KPIs directly influences productivity. During the study period, availability increased from 84.16% to 94.10%, resulting in a 28.38% rise in production (from 428.6 thousand to 550 thousand liters), accompanied by notable improvements in MTBF (+48.92%) and MTTR (-36.61%). However, it was identified that critical equipment, such as the TBA and Thimonnier units, shows high failure rates (576 total failures) due to mechanical, electrical, and hydraulic problems, which require sustainable corrective and preventive actions. The study concludes that factors such as a lack of planning, a scarcity of spare parts, and insufficient training are recurring causes that limit efficiency, validating a model that can be replicated in other companies to optimize maintenance management.

KEYWORDS: Availability, KPIs, Maintenance, Industrial, MTBF, MTTR, Productivity

