



Universidad Católica de Santa María

**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial**

**Aplicación de mantenimiento productivo total (TPM) y mantenimiento
centrado en la confiabilidad (RCM) para incrementar la
disponibilidad operativa de los equipos en el área de mantenimiento de
la empresa R Y J Interoceánica S.A.C, Arequipa, 2025.**

Tesis presentada por:

Huamani Cardenas, Kelvin Fernando

ORCID: 0009-0007-7676-9157

para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Asesor (a):

Mag. Rivera Chávez, María Eugenia

ORCID: 0000-0003-1589-0272

Arequipa - Perú

2026

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA INDUSTRIAL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 23 de Abril del 2026

Dictamen: 015867-C-EPII-2026

Visto el borrador del expediente 015867, presentado por:

2015224401 - HUAMANI CARDENAS KELVIN FERNANDO

Titulado:

APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) Y MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD OPERATIVA DE LOS EQUIPOS EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA R Y J INTEROCEÁNICA S.A.C, AREQUIPA, 2025.

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO INDUSTRIAL

**29267647 - VALENCIA BECERRA ROLARDI MARIO
DICTAMINADOR**



**29453832 - VALDIVIA PORTUGAL CESAR
DICTAMINADOR**



**29648840 - CHURA QUISPE FRANZ
DICTAMINADOR**



APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) Y MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD OPERATIVA DE LOS EQUIPOS EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LA EMPR

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.continental.edu.pe

Fuente de Internet

1%

2

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Universidad Continental

Trabajo del estudiante

1%

5

Tokutarō Suzuki. "TPM En Industrias De
Proceso - Originalmente publicado por el
Japan Institute of Plant Maintenance", CRC
Press, 2017

Publicación

<1%

6

repository.upb.edu.co

Fuente de Internet

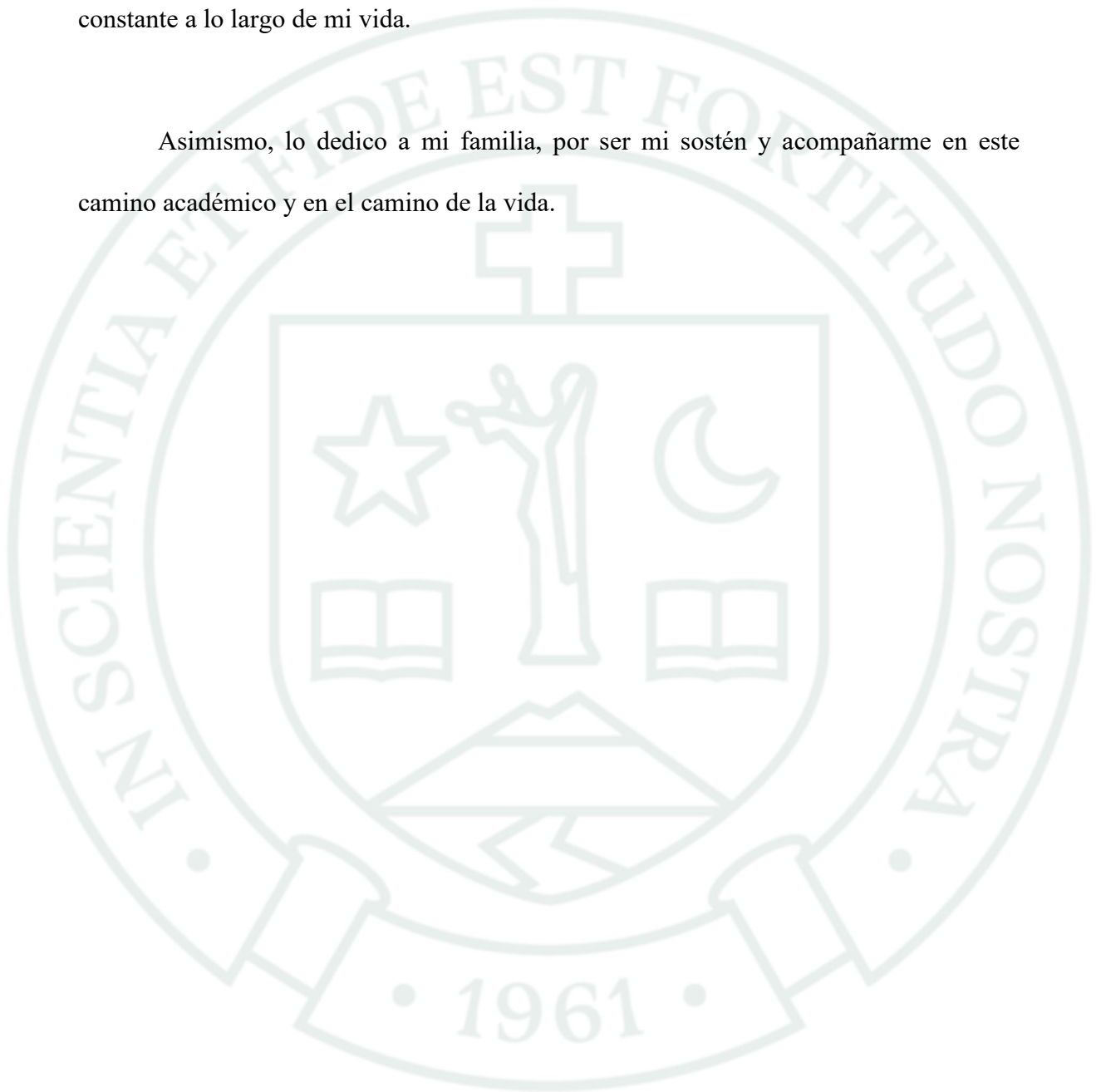
<1%

www.perlego.com

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado, en primer lugar, a mis padres, como muestra de honra y gratitud por quienes son, y por su amor, apoyo y sacrificio constante a lo largo de mi vida.

Asimismo, lo dedico a mi familia, por ser mi sostén y acompañarme en este camino académico y en el camino de la vida.

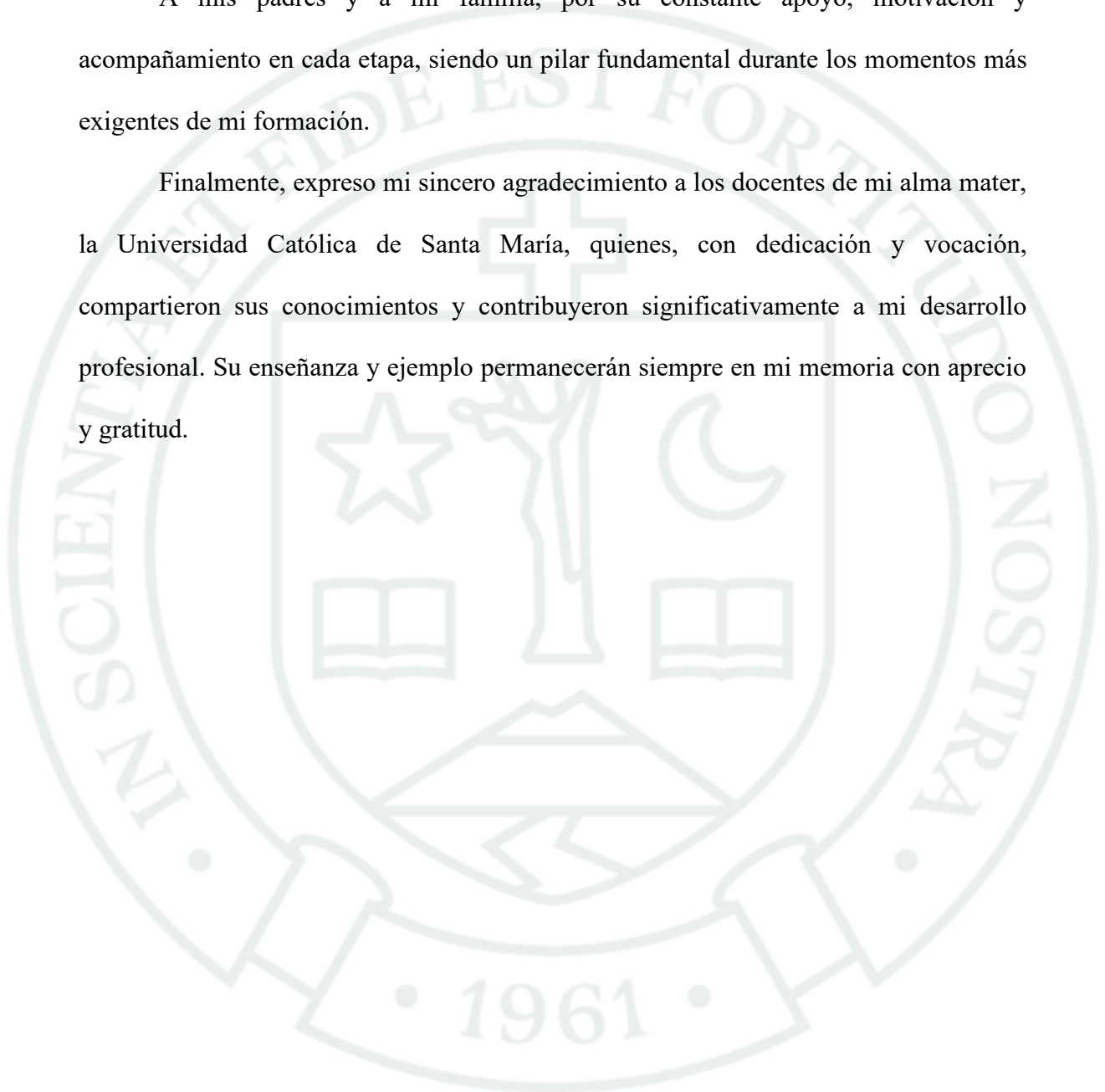


AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, quien, aun sin ser plenamente consciente de Su presencia en todo momento, estuvo siempre guiando cada paso de este proceso.

A mis padres y a mi familia, por su constante apoyo, motivación y acompañamiento en cada etapa, siendo un pilar fundamental durante los momentos más exigentes de mi formación.

Finalmente, expreso mi sincero agradecimiento a los docentes de mi alma mater, la Universidad Católica de Santa María, quienes, con dedicación y vocación, compartieron sus conocimientos y contribuyeron significativamente a mi desarrollo profesional. Su enseñanza y ejemplo permanecerán siempre en mi memoria con aprecio y gratitud.



RESUMEN

La baja disponibilidad operativa de equipos representa una pérdida millonaria, con fallas no planificadas costando hasta 1.4 billones de dólares anualmente a las empresas, con un tiempo promedio de inactividad de 4 horas por evento a un costo de 260,000 dólares por hora. Esta situación impulsa a las organizaciones a adoptar estrategias avanzadas como TPM (Mantenimiento Productivo Total) y RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) para aumentar la disponibilidad y reducir tiempos muertos. En América Latina y Perú, sectores como la construcción y minería enfrentan obsolescencia y mantenimiento inadecuado, limitando la operatividad. La empresa R&J Interoceánica SAC en Arequipa enfrenta desafíos en su área de mantenimiento, con reacciones a fallas inesperadas generando paradas no programadas, altos costos, menor eficiencia, riesgos de seguridad y desmotivación del personal. La investigación busca determinar cómo TPM y RCM incrementan la disponibilidad operativa, MTTR, MTBF, y Mantenibilidad de equipos críticos como tractos, camionetas, bombonas y plataformas. La hipótesis general es que su aplicación conjunta incrementará significativamente estos índices; específicos incluyen diagnóstico de tareas actuales, descripción de problemas operativos, propuesta de mejora para fortalecer conocimientos técnicos y evaluación de reducción de gastos por mantenimiento correctivo. La justificación es práctica (reducción de fallas, optimización de recursos), teórica (integración de TPM y RCM para mejora continua) y metodológica (fases de diagnóstico, planificación, implementación y evaluación con herramientas como AMEF y Pareto). La metodología es aplicada, descriptiva, preexperimental y longitudinal, con enfoque cuantitativo y mixto, población de activos y personal técnico, muestreo estratificado, técnicas como análisis documental, entrevistas semiestructuradas y encuestas, e instrumentos como fichas de datos y guías de entrevista. El aporte es una propuesta integrada para mejorar indicadores técnicos, adaptable a otras empresas.

Palabras clave: Disponibilidad, RCM, TPM.



ABSTRACT

The low operational availability of equipment represents a significant loss, with unplanned failures costing companies up to 1.4 trillion dollars annually, with an average downtime of 4 hours per event at a cost of 260,000 dollars per hour. This situation drives organizations to adopt advanced strategies such as TPM (Total Productive Maintenance) and RCM (Reliability-Centered Maintenance) to increase availability and reduce dead times. In Latin America and Peru, sectors like construction and mining face obsolescence and inadequate maintenance, limiting operability. The company R&J Interoceánica SAC in Arequipa faces challenges in its maintenance area, with reactions to unexpected failures generating unscheduled stops, high costs, lower efficiency, safety risks, and staff demotivation. The research seeks to determine how TPM and RCM increase the operational availability of critical equipment, MTBF, MTTR and Maintainability such as tractors, vans, tanks, and platforms. The general hypothesis is that their joint application will significantly increase KPI; specifics include diagnosis of current tasks, description of operational problems, improvement proposal to strengthen technical knowledge, and evaluation of reduction in corrective maintenance expenses. The justification is practical (reduction of failures, resource optimization), theoretical (integration of TPM and RCM for continuous improvement), and methodological (phases of diagnosis, planning, implementation, and evaluation with tools like FMEA and Pareto). The methodology is applied, descriptive, pre-experimental, and longitudinal, with quantitative and mixed approach, population of assets and technical staff, stratified sampling, techniques such as documentary analysis, semi-structured interviews, and surveys, and instruments like data sheets and interview guides. The contribution is an integrated proposal to improve technical indicators, adaptable to other companies.

Key words.: Availability, RCM, TPM.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 3

PLANTEAMIENTO TEORICO 4

1.1. Planteamiento del Problema 4

1.2. Objetivos de la Investigación 5

1.2.1. General 5

1.2.2. Específicos..... 5

1.3. Preguntas de la Investigación 6

1.3.1. Pregunta General 6

1.3.2. Preguntas Específicas 6

1.4. Hipótesis 7

1.4.1. Hipótesis General 7

1.4.2. Hipótesis Específicas..... 7

1.5. Justificación de la Investigación..... 8

1.6. Operacionalización de Variables 10

1.7. Marco Metodológico 10

1.7.1. Alcances y Limitaciones..... 10

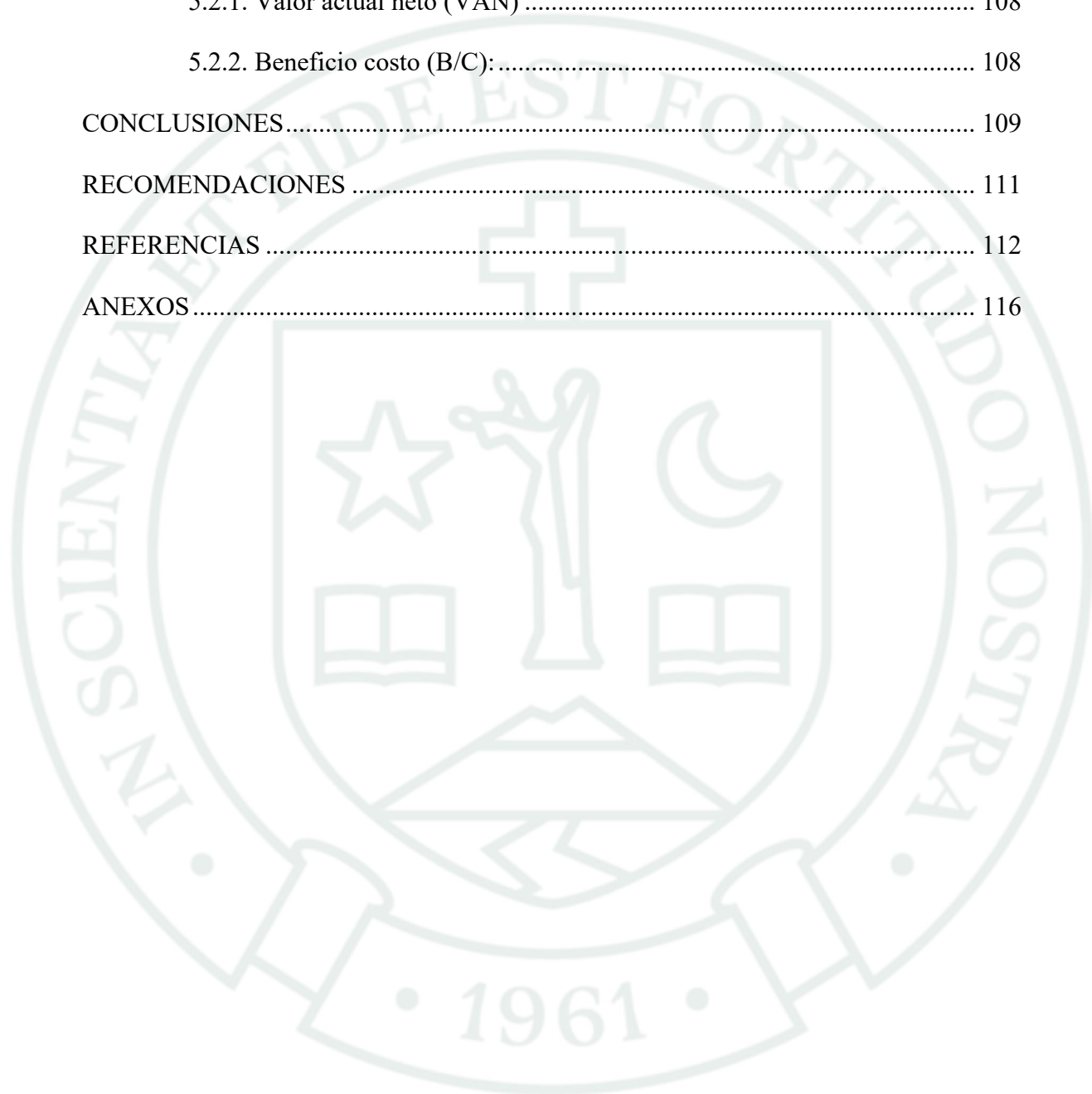
1.7.1.1. Alcances 10

1.7.1.2. Limitaciones	11
1.7.2. Aporte	12
1.7.3. Tipo, Diseño y Nivel de la Investigación	12
1.7.4. Población y Muestra	14
1.7.5. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	14
1.7.6. Plan de Análisis Estadístico de los Datos.....	15
CAPÍTULO II.....	17
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	18
2.1. Antecedentes de la Investigación	18
2.2. Bases Teóricas de la Investigación.....	30
2.2.1. Mantenimiento.....	30
2.2.1.1. Mantenimiento preventivo.....	30
2.2.1.2. Mantenimiento correctivo.....	30
2.2.1.3. Mantenimiento predictivo.....	31
2.2.2. Mantenimiento Productivo Total (TPM):.....	31
2.2.2.1. Concepto y Pilares	31
2.2.2.2. Beneficios y Aplicaciones	33
2.2.3. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM):.....	34
2.2.3.1. Proceso	35
2.2.4. Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF).....	39
2.2.5. Disponibilidad de equipos	39
2.2.6. Tiempo medio entre fallas (MTBF)	40
2.2.7. Tiempo Medio de Reparación (MTTR)	40
2.2.8. Tiempo medio de confirmación de recepción	41
2.2.9. Confiabilidad	41

2.2.10. Mantenibilidad.....	42
2.3. Marco Conceptual.....	42
2.3.1. Disponibilidad	43
2.3.2. Tiempos muertos	43
2.3.3. Mejora Continua y Herramientas de Gestión (5S, Pareto, Ishikawa)...	43
2.3.1.1. 5S.....	44
2.3.1.2. Diagrama de Pareto (Análisis Pareto)	44
2.3.4. Mantenimiento (Maintenance):	44
2.3.5. Fallo / Avería (Failure / Breakdown)	45
2.3.6. Ciclo de Mejora (Improvement Cycle).....	45
CAPITULO III	46
ANALISIS SITUACIONAL	47
3.1. Diagnóstico de la Situación Actual	47
3.1.1. Misión.....	47
3.1.2. Visión	47
3.1.3. Valores.....	48
3.1.4. Organigrama	49
3.1.5. Análisis de Indicadores (MTBF, MTTR, Disponibilidad Operativa, Costos).....	50
3.1.6. Perdidas por Indisponibilidad.....	52
3.1.7. Aplicación de Encuesta Situacional	53
3.1.7.1. Encuesta.....	54
3.1.7.1. Pruebas Estadísticas (Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk, t de Student, Wilcoxon).....	56
3.1.7.2. Diagrama de Pareto	58

CAPITULO IV	61
PROPUESTA DE MEJORA.....	62
4.1. Modelo TPM-RCM	62
4.1.1. Validación Funcional.....	62
4.2. Implementación	64
4.2.1. Fase 01: Preparación.....	65
4.2.1.1. Anuncio	65
4.2.1.2. TPM: Pilar 1,6,7	65
4.2.1.3. Selección del sistema – RCM.....	74
4.2.2. Fase 02: Implementación.....	78
4.2.2.1. TPM: Pilar 2,3,8	78
4.2.2.2. Análisis de fallas y funciones - RCM.....	87
4.2.3. Fase 03: Ejecución.....	90
4.2.3.1. TPM: Pilares 4 y 5	90
4.2.3.2. Resultado – RCM	91
4.2.4. Fase 04: Estabilización	94
4.2.4.1. Consolidación de la calidad y cultura TPM.....	94
4.2.4.1.1. Creación del Comité permanente Directivo TPM-RCM.....	94
4.2.4.1.2. Tablero de gestión visual y digital.....	94
4.2.4.1.3. Auditorías internas cruzadas trimestrales de calidad.....	95
4.2.4.2. Monitoreo continuo y Living RCM.....	96
4.2.4.2.1. Programa “Living RCM”	96
4.2.4.2.2. Monitoreo de tareas RCM	96
4.2.4.3. Presupuesto de sostenibilidad.....	96
4.2.4.4. Escalabilidad.....	97

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	99
5.1. Comparación de Índices de Clase Mundial	99
5.2. Impacto Económico	105
5.2.1. Valor actual neto (VAN)	108
5.2.2. Beneficio costo (B/C):	108
CONCLUSIONES.....	109
RECOMENDACIONES	111
REFERENCIAS	112
ANEXOS.....	116



ÍNDICE DE FIGURAS

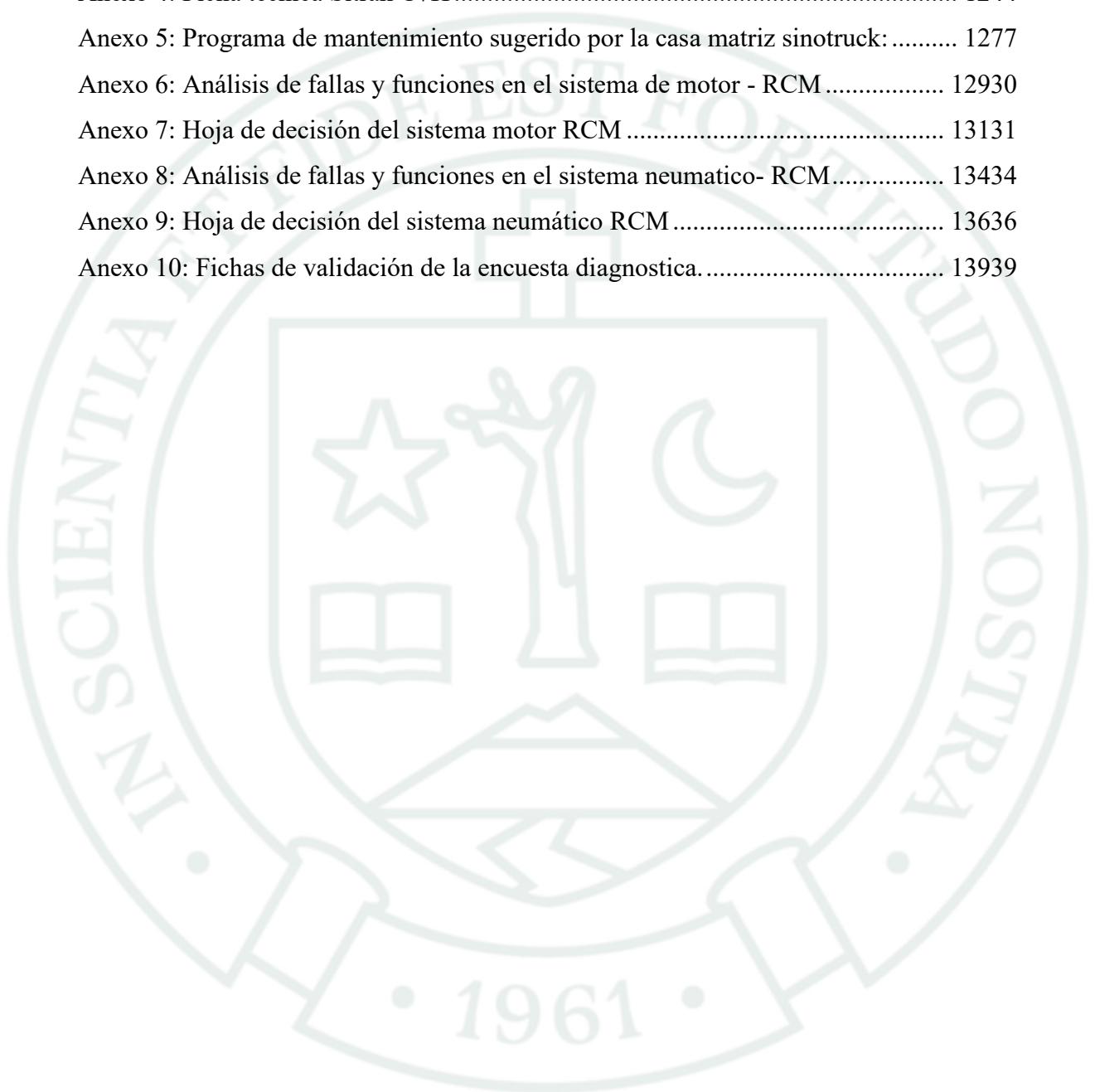
Figura 1. Organigrama de la empresa.....	49
Figura 2. Prueba por indisponibilidad	53
Figura 3. Prueba de normalidad para la Gestión del mantenimiento preventivo en SPSS	56
Figura 4. Prueba de normalidad para la Identificación y control de fallas en SPSS	57
Figura 5. Prueba de normalidad para la Capacitación técnica del personal de mantenimiento en SPSS	58
Figura 6. Diagrama de Pareto de reportes de fallas.....	59
Figura 7. Diagrama de Pareto del sistema eléctrico	60
Figura 8. Diagrama de implementación de la metodología híbrida	64
Figura 9. Programa de mantenimiento preventivo de motor.....	78
Figura 10. Diagrama para programación, despacho y recepción de unidades móviles..	83
Figura 11. Diagrama de flujo para una Orden de Compra (Área Logística).....	84
Figura 12. Diagrama de flujo recepción de Mercadería (Área Logística).....	85
Figura 13. Diagrama de flujo para Despachos (Área Logística).....	86
Figura 14. Dashboard de Control Diario	95
Figura 15. Gráfico de la disponibilidad de la flota vehicular	100
Figura 16. Gráfico de confiabilidad de la flota vehicular.....	101
Figura 17. Gráfico de la mantenibilidad de la flota vehicular	102
Figura 18. Gráfico del MTBF de la flota vehicular	103
Figura 19. Gráfico del MTTR de la flota vehicular.....	104
Figura 20. Pérdidas por viajes no realizados 2025	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de Variables	10
Tabla 2. Indicadores globales	51
Tabla 3. Puntuación de escala Likert utilizada en la encuesta.....	55
Tabla 4. Inversión requerida del proyecto para el primer año.....	63
Tabla 5. Cronograma de capacitaciones	69
Tabla 6. Cronograma de Implementación de Clasificación	71
Tabla 7. Cronograma de Implementación de Orden.....	72
Tabla 8. Cronograma de Implementación de Limpieza	72
Tabla 9. Taxonomía del tracto SITRAK C7H.....	75
Tabla 10. Nuevo programa de mantenimiento preventivo de motor.....	880
Tabla 11. Análisis de fallas y funciones en el sistema eléctrico - RCM	88
Tabla 12. Hoja de decisión del sistema eléctrico RCM.....	92
Tabla 13. Indicadores de monitoreo	96
Tabla 14. Mapa de escalabilidad	97
Tabla 15. KPIs de clase mundial	99
Tabla 16. Costo en repuestos 2024 - 2025	106
Tabla 17. Inversión de proyecto	107

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia	1166
Anexo 2: Ficha de recolección de datos	1188
Anexo 3: Cuestionario likert.....	1233
Anexo 4: Ficha técnica Sitrak C7H	1244
Anexo 5: Programa de mantenimiento sugerido por la casa matriz sinotruck:	1277
Anexo 6: Análisis de fallas y funciones en el sistema de motor - RCM	12930
Anexo 7: Hoja de decisión del sistema motor RCM	13131
Anexo 8: Análisis de fallas y funciones en el sistema neumatico- RCM.....	13434
Anexo 9: Hoja de decisión del sistema neumático RCM	13636
Anexo 10: Fichas de validación de la encuesta diagnostica.....	13939



INTRODUCCIÓN

En el ámbito logístico contemporáneo, la baja disponibilidad operativa de los equipos genera pérdidas económicas sustanciales, con fallas no planificadas que cuestan hasta 1.4 billones de dólares anuales a nivel global, donde el tiempo promedio de inactividad por evento es de 4 horas con costo de miles de soles. El tema central de esta tesis es la aplicación de las metodologías de Mantenimiento Productivo Total (TPM) y Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para incrementar la disponibilidad operativa en el área de mantenimiento de la empresa R&J Interoceánica SAC en Arequipa durante 2025. Se investiga cómo estas estrategias integradas optimizan la gestión de activos críticos, como tractos, camionetas, bombonas y plataformas. TPM se define como un enfoque participativo que busca cero fallas, defectos y accidentes a través de ocho pilares, mientras que RCM se basa en el análisis funcional para identificar modos de falla y aplicar mantenimientos óptimos, eliminando las seis grandes pérdidas productivas. El problema radica en el enfoque reactivo a fallas inesperadas, que provoca paradas no programadas, costos elevados por reparaciones de emergencia, reducción de eficiencia y calidad, riesgos de seguridad y desmotivación del personal, con causas como obsolescencia de maquinaria y planificación inadecuada en sectores como minería y construcción en Perú.

El objetivo general del estudio es determinar cómo la aplicación conjunta de TPM y RCM incrementa la disponibilidad operativa de los equipos en el área de mantenimiento, así como los KPI de clase mundial

Esta investigación se justifica por identificar un vacío en el conocimiento aplicado al contexto peruano, donde la demanda de maquinaria confiable resalta deficiencias en mantenimiento, motivada por su relevancia académica en ingeniería industrial para profesionalizar sistemas en América Latina. Contribuye con un modelo adaptable que llena lagunas en la integración de TPM y RCM, promoviendo optimización de recursos,

reducción de tiempos muertos y mejora de productividad, con impactos futuros en la sostenibilidad operativa y competitividad sectorial.

La metodología empleada es aplicada, descriptiva, preexperimental y longitudinal, con enfoque mixto cuantitativo-cualitativo, utilizando técnicas como análisis documental, entrevistas semiestructuradas, encuestas y herramientas como Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) y diagramas de Pareto, sobre una población de activos productivos y personal técnico con muestreo estratificado.

El contenido de la tesis se estructura en capítulos: el Capítulo 1 presenta el planteamiento de la investigación, incluyendo problema, objetivos, preguntas, hipótesis, justificación, operacionalización de variables y marco metodológico; el Capítulo 2 detalla los fundamentos teóricos con antecedentes y bases conceptuales de mantenimiento, TPM y RCM; el Capítulo 3 analiza la situación actual de la empresa con diagnóstico organizacional; el Capítulo 4 propone la mejora mediante implementación de TPM y RCM con cronogramas y capacitaciones; el Capítulo 5 evalúa económicamente el proyecto con indicadores como VAN, TIR y B/C; culminando con conclusiones, recomendaciones, referencias y anexos.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO TEORICO

1.1.Planteamiento del Problema

La baja disponibilidad operativa de equipos industriales representa una pérdida millonaria. Se estima que las fallas no planificadas cuestan a las empresas hasta 1.4 billones de dólares anualmente, siendo el tiempo promedio de inactividad de 4 horas por evento, con un costo estimado de 260,000 dólares por hora (Gitnux, 2024). Esta situación impulsa a muchas organizaciones a adoptar estrategias de mantenimiento avanzadas como TPM y RCM para aumentar la disponibilidad y reducir tiempos muertos (Business Insider, 2025).

En América Latina, la baja disponibilidad de maquinaria afecta sectores como la construcción y la minería. Aunque el mercado de maquinaria de construcción en la región alcanzó los USD 9,994.1 millones en 2025, la obsolescencia de equipos y el mantenimiento inadecuado siguen siendo obstáculos comunes, limitando su operatividad y eficiencia (Future Market Insights, 2025). Esto refleja una necesidad urgente de profesionalizar los sistemas de mantenimiento.

En Perú, se han aprobado importantes proyectos como la ampliación de la mina Antamina por USD 2,000 millones, lo que ha aumentado la demanda de maquinaria pesada. No obstante, muchas operaciones aún enfrentan una baja disponibilidad operativa debido a una deficiente planificación del mantenimiento, generando retrasos y sobrecostos en los proyectos (Grand View Research, 2024).

RYJ SAC, una empresa con sede en Arequipa, que enfrenta un desafío significativo en su área de mantenimiento: la baja disponibilidad operativa. Esta situación no es solo un problema técnico; es una realidad que afecta directamente la eficiencia, la seguridad y, en última instancia, el bienestar de su equipo y la solidez de la empresa.

Actualmente, se observa que gran parte del esfuerzo en mantenimiento se enfoca en reacciones a fallas inesperadas. Esto genera paradas no programadas que interrumpen

el flujo de trabajo, retrasan las operaciones y obligan a RYJ SAC a operar en un estado de constante urgencia, tales como elevados costos las reparaciones de emergencia suelen ser más caras, ya que implican la necesidad de repuestos urgentes y, a menudo, horas extras. Además, la vida útil de los equipos se ve acortada, lo que se traduce en mayores inversiones a largo plazo, se experimenta una menor eficiencia y calidad: cuando las máquinas no funcionan a su máximo potencial o se detienen con frecuencia, no solo se produce menos, sino que la calidad de lo que se hace puede verse comprometida. Esto afecta la reputación de la empresa y la confianza de sus clientes, existen riesgos para la seguridad: operar con equipos que presentan fallas imprevistas o que no reciben el mantenimiento adecuado aumenta la probabilidad de accidentes, poniendo en riesgo la integridad de su personal, además, se percibe una desmotivación en el equipo como la presión constante por solucionar problemas urgentes, la falta de recursos adecuados y la sensación de que el trabajo no es tan eficiente como podría ser, pueden generar frustración y desánimo entre los colaboradores del área de mantenimiento.

1.2.Objetivos de la Investigación

1.2.1. General

Determinar cómo la aplicación de las metodologías TPM y RCM permitirán incrementar la disponibilidad operativa de los equipos del área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEANICA SAC Arequipa 2025.

1.2.2. Específicos

- Diagnosticar la situación actual de las tareas de mantenimiento en el área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025.
- Describir el problema operativo relacionado con la alta frecuencia de fallas en los equipos del área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025.

- Elaborar una propuesta de mejora basada en la implementación de las metodologías TPM y RCM que contribuya al fortalecimiento de los conocimientos técnicos del personal del área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025.
- Evaluar la efectividad de la implementación de las metodologías TPM y RCM en la reducción de los gastos operativos asociados al mantenimiento correctivo en el área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025.

1.3. Preguntas de la Investigación

1.3.1. Pregunta General

¿De qué manera la aplicación de las metodologías TPM y RCM permitirá incrementar la disponibilidad operativa de los equipos del área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEANICA SAC Arequipa 2025?

1.3.2. Preguntas Específicas

- ¿Cuál es la situación actual de la planificación, ejecución y control de las tareas de mantenimiento en el área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC en el año 2025?
- ¿Cuál es el nivel de frecuencia de fallas en los equipos del área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025, y cómo impacta en la continuidad operativa?
- ¿De qué manera una propuesta de mejora basada en TPM y RCM puede contribuir al fortalecimiento de los conocimientos técnicos del personal de mantenimiento en la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025?

- ¿Qué efecto tiene la implementación de las metodologías TPM y RCM en la reducción de los gastos operativos por mantenimiento correctivo en la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025?

1.4.Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

La aplicación conjunta de las metodologías TPM y RCM permitirá incrementar significativamente la disponibilidad operativa de los equipos del área de mantenimiento en la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa, 2025.

1.4.2. Hipótesis Específicas

La planificación, ejecución y control de las tareas de mantenimiento en el área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC en el año 2025 presentan deficiencias significativas debido a la ausencia de un sistema estructurado y sostenible de gestión del mantenimiento.

La alta frecuencia de fallas en los equipos del área de mantenimiento afecta significativamente la continuidad operativa debido a la ausencia de una gestión estructurada mediante las metodologías TPM y RCM de la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025,

La propuesta de mejora basada en las metodologías TPM y RCM contribuye significativamente al fortalecimiento de los conocimientos técnicos del personal del área de mantenimiento en la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025.

La implementación de las metodologías TPM y RCM reduce significativamente los gastos operativos asociados al mantenimiento correctivo en la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025.

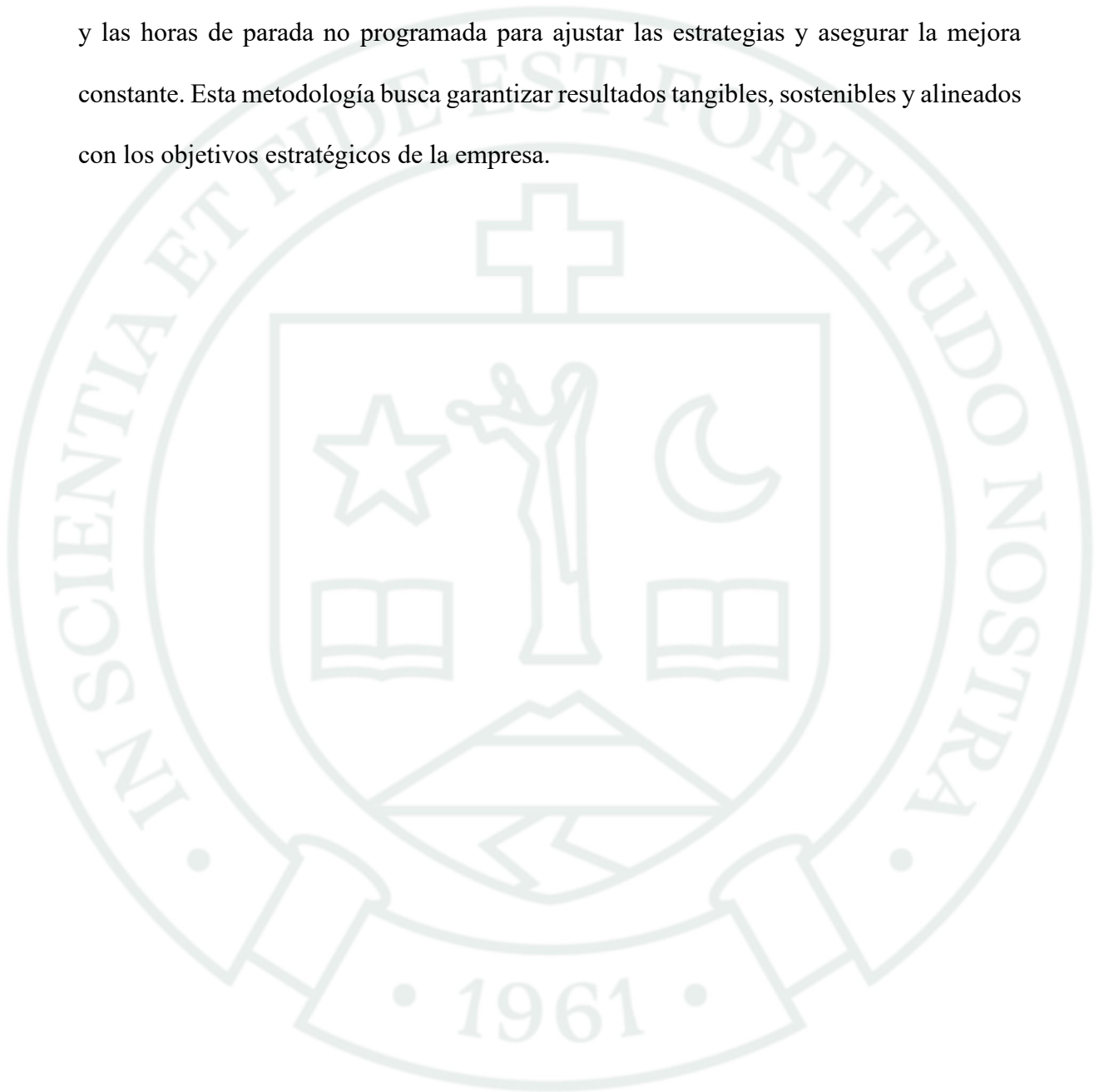
1.5.Justificación de la Investigación

La presente investigación se justifica en el ámbito práctico al buscar mejorar significativamente la disponibilidad y confiabilidad operativa de los equipos críticos utilizados por la empresa, especialmente tractos y camionetas como equipos de propulsión, bombonas y plataformas como ranflas de arrastre. A través de la aplicación de metodologías TPM y RCM, se reducirán las fallas no programadas, optimizar los recursos de mantenimiento y fomentar la participación activa de los operarios en el cuidado de los equipos. Esto permitirá no solo mantener un control constante del estado funcional de los activos, sino también anticipar y prevenir paradas que interrumpan las actividades diarias.

Teóricamente, la investigación se sustenta en dos enfoques de mantenimiento industrial ampliamente validados ya que el TPM, que promueve la participación integral de toda la organización para alcanzar cero fallas, cero defectos y cero accidentes, y el RCM, que se basa en el análisis funcional de los equipos, identificando modos de falla y sus consecuencias para aplicar el mantenimiento más adecuado. Ambas metodologías se integran bajo el principio de mejora continua y están orientadas a eliminar las seis grandes pérdidas de la producción: fallas del equipo, tiempos de preparación, paradas menores, reducción de velocidad, defectos de calidad y pérdidas por arranque. Aplicarlas permitirá establecer una base teórica sólida para lograr mejoras sostenibles en la eficiencia operativa, garantizando así el cumplimiento de estándares de calidad y confiabilidad.

Metodológicamente, esta investigación se justifica por el desarrollo de una estrategia estructurada en cuatro fases clave: diagnóstico, planificación, implementación y evaluación continua. En la fase de diagnóstico se aplicarán herramientas como el Análisis Modal de Fallos y Efectos y diagramas de Pareto para identificar las causas raíz de las fallas más frecuentes. En la fase de planificación se establecerán programas de

mantenimiento preventivo y predictivo, se definirán roles y se diseñará un cronograma de intervenciones. Durante la aplicación se capacitará al personal en TPM y RCM, promoviendo el mantenimiento autónomo y la cultura preventiva, la fase de evaluación continua incorporará indicadores como la disponibilidad operativa, la frecuencia de fallas y las horas de parada no programada para ajustar las estrategias y asegurar la mejora constante. Esta metodología busca garantizar resultados tangibles, sostenibles y alineados con los objetivos estratégicos de la empresa.



1.6.Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de Variables

Variable	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente: Aplicación de TPM y RCM	Gestión del mantenimiento basado en TPM y RCM	Porcentaje de actividades implementadas respecto al total programado
	Identificación y control de fallas	Número de modos de falla documentados y con plan de acción
	Capacitación técnica del personal de mantenimiento	Número promedio de horas de capacitación técnica por trabajador
Variable	Dimensiones	Indicadores
Variable Dependiente: Incrementar la disponibilidad operativa de los equipos	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	Horas promedio de funcionamiento sin interrupciones
	Tiempo medio de reparación (MTTR)	Tiempo promedio invertido en reparar un equipo
	Costo operativo por falta de disponibilidad	Monto mensual en pérdida de fletes

Nota. Elaboración propia.

La tabla define las variables independiente y dependiente del estudio, estableciendo sus dimensiones e indicadores medibles para evaluar el impacto de TPM y RCM en la disponibilidad operativa de los equipos.

1.7. Marco Metodológico

1.7.1. Alcances y Limitaciones

1.7.1.1. Alcances

El presente trabajo o proyecto tiene como objetivo alcance la zona del área de mantenimiento de la compañía RYJ SAC, siendo esta la única área o espacio analizado en el desarrollo de la disciplina de la investigación. Propuesta que se fundamenta en la práctica de las metodologías TPM y RCM con el objetivo de incrementar la disponibilidad operativa de los equipos considerados críticos. El periodo de práctica va de una extensión

de tiempo que durará el año 2025, tiempo durante el cual se desarrollará la práctica, la recolección de información de los datos, el diagnóstico de la situación actual y la formulación de propuestas de mejora. Para medir las consecuencias de las metodologías que se aplican, se usarán y se emplearán indicadores relacionados con la disponibilidad para la práctica operativa y el tiempo que subyace de todos los paros muertos de todos los equipos. A partir de las conclusiones y resultados obtenidos, se generará un plan de mejora centrado en la optimización del uso de los recursos de los recursos, una reducción de los paros no programados y también una mejora planificada de las actividades de mantenimiento. Todo en conjunto se espera una gestión más eficiente del mantenimiento, una mejor ganancia operativa un mejor rendimiento global de la compañía en la que se ha analizado, pero sin abrir el mapa en otras áreas o procesos no vinculados con la investigación que aquí se ha formulado.

1.7.1.2. Limitaciones

Este trabajo de investigación presenta algunas limitaciones que condicionan el alcance de la investigación, pero no inciden en el desarrollo ni en la validez de los resultados que se obtienen. De un lado, el acceso a la información vendrá determinado por los datos a los cuales se permita acceder desde el área de mantenimiento de la empresa RYJ SAC, primando lógicamente la confidencialidad de la información técnica o estratégica que recogen los equipos.

Asimismo, el artículo objeto de análisis, abordará los equipos considerados como críticos para la operación, no siendo considerados los equipos de tipo secundaria o aquellos que tengan un bajo impacto sobre el objeto de estudio. Otra limitación viene aparejada con el tiempo de ejecución, es decir, el estudio se desarrolla exclusivamente durante el año 2025, lo que establece una definición temporal para la recogida de datos y la propuesta de la investigación.

En relación con los recursos humanos, el trabajo estará hecho por el personal técnico que se pueda disponer en la empresa, no se prevé la contratación de personal nuevo ni la entrada de nuevos recursos externos en la investigación. Por último, no se prevén los factores externos que puedan incidir sobre la forma como actúa la empresa, es decir, situaciones climatológicas, normativa, o situaciones económicas, ya que son determinantes ajenos a la investigación que no se ponen en consideración en este trabajo.

1.7.2. Aporte

El presente proyecto contenido es la propuesta integrada de dos metodologías de gestión del mantenimiento industrial orientadas a la disponibilidad operativa de los equipos del área de mantenimiento de la empresa RYJ SAC. El objetivo de la propuesta no es otro que el de mejorar los indicadores técnicos del área, optimizar el uso de los recursos necesarios, disminuir los tiempos muertos, mejorar la planificación de actividades, lo que influye directamente en la productividad de la empresa.

Desde el punto de vista académico este estudio es una contribución llena de conocimiento y robusta por la propuesta aplicada de dos metodologías de ingeniería de mantenimiento industrial reconocidas a nivel internacional; además, establece las bases para futuras mejoras de procesos aplicados mediante herramientas de ingeniería de mantenimiento, adaptable a otras empresas del sector o similares que se encuentren ante algún problema de disponibilidad de sus activos.

1.7.3. Tipo, Diseño y Nivel de la Investigación

La presente investigación será de tipo aplicada. Conforme con (Rebollo,2020) se enfoca en resolver problemas utilizando el conocimiento teórico y métodos científicos.

La investigación será de nivel descriptivo con la finalidad de identificar y detallar un fenómeno en un instante y espacio específico. De acuerdo con (Rebollo,2020) su objetivo es describir las características de manera precisa y sistemática.

La investigación será de diseño pre experimental. Según (Rebollo, 2020) se centra en la manipulación de las variables para establecer relaciones de causa y efecto. En cuanto al diseño de la investigación, ya que la aplicación de TPM y RCM es un proceso que requiere tiempo y puede tener efectos que se manifiesten a lo largo del tiempo, un diseño longitudinal permitiría seguir la evolución y los impactos de esta intervención a lo largo de un período extendido. Esto incluiría la recopilación de datos en diferentes puntos temporales antes, durante y después de la implementación de TPM y RCM, lo que proporciona una comprensión más completa de cómo este enfoque afecta a la disponibilidad de los grupos electrógenos en la empresa

En el ámbito de la investigación, la elección del enfoque adecuado es fundamental para abordar de manera efectiva los objetivos y preguntas de estudio. Los estudios cuantitativos y cualitativos representan dos enfoques paradigmáticos distintos, cada uno con sus propias características y metodologías. Los estudios cuantitativos se basan en la recopilación y análisis de datos numéricos, buscando identificar patrones y relaciones estadísticas entre variables, mientras que los estudios cualitativos se centran en comprender las experiencias, percepciones y significados subjetivos de las personas a través de la observación directa, entrevistas y análisis de datos no numéricos. La selección del enfoque apropiado depende de la naturaleza del problema de investigación, los objetivos del estudio y las preguntas planteadas, ya que cada enfoque ofrece diferentes herramientas y estrategias para investigar y comprender fenómenos específicos. En este tipo de investigación, se utilizan métodos estructurados y estandarizados para recopilar información de una muestra representativa de la población. Los datos cuantitativos se analizan mediante técnicas estadísticas que permiten identificar patrones, relaciones, tendencias o asociaciones entre variables. El enfoque cuantitativo busca la objetividad y

la generalización de los resultados, utilizando datos que puedan ser cuantificados y analizados de manera sistemática para llegar a conclusiones sólidas y verificables.

1.7.4. Población y Muestra

La población objeto de estudio estará constituida por la totalidad de activos productivos y el personal técnico responsable de la ejecución de las labores de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo en la empresa, en Arequipa.

Se tomará como referencia el total de tractocamiones operativos de la base Arequipa, así como al personal técnico con experiencia en las áreas de mantenimiento mecánico, estructural y eléctrico.

1.7.5. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Se aplicará una metodología cuantitativa sobre un tipo de investigación del tipo descriptivo para evaluar el nivel de la disponibilidad operativa de los equipos en el área de mantenimiento de la empresa RYJ SAC. La técnica será el análisis documental de los registros históricos de mantenimiento de paradas, inactividad, fallas y tiempos de reparación. El instrumento utilizado será una ficha de recolección de datos estructurada para clasificar y calcular a partir de éste los principales indicadores como tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio de reparación (MTTR) para establecer la disponibilidad operativa real de los equipos críticos.

Se aplicará una metodología mixta para identificar las principales fallas y causas de ineficiencia del sistema de mantenimiento vigente. Y en este caso se aplicará la técnica de entrevista semiestructurada al personal técnico y de supervisión del área de mantenimiento que permite obtener información cualitativa sobre las percepciones, experiencias y observaciones del funcionamiento del sistema. El instrumento será una guía de entrevista que permita indagar la causa raíz de los problemas, la que estará complementada con el análisis de diagramas causa-efecto y listas de verificación técnicas.

Con respecto al diseño de un posible plan de implementación de las metodologías TPM y RCM que se ajuste a las necesidades y recursos de la empresa, se aplicará una metodología con carácter propositivo, utilizando para ello la técnica de análisis por comparación entre la situación actual del sistema y las mejores prácticas en mantenimiento productivo y en confiabilidad. Se utilizará como herramienta una matriz de evaluación de las condiciones técnicas y organizativas, permitiendo así adaptar las fases y herramientas de las metodologías TPM y RCM a la realidad operativa de la empresa, adaptándose a sus limitaciones y fortalezas.

Finalmente, y para poder proponer un posible programa de formación del personal técnico en la correcta metodología de TPM y RCM, se utilizará una técnica de encuesta diagnóstica. El instrumento será un cuestionario en formato Likert dirigido al personal del área de mantenimiento, con la intención de determinar el nivel de conocimientos actuales, habilidades prácticas y detección de necesidades formativas. Esta información servirá de base para poder desarrollar un programa de formación estructurado por niveles en el que se busque reforzar las competencias técnicas del equipo humano, con el objetivo de poder aplicar de forma correcta las metodologías propuestas.

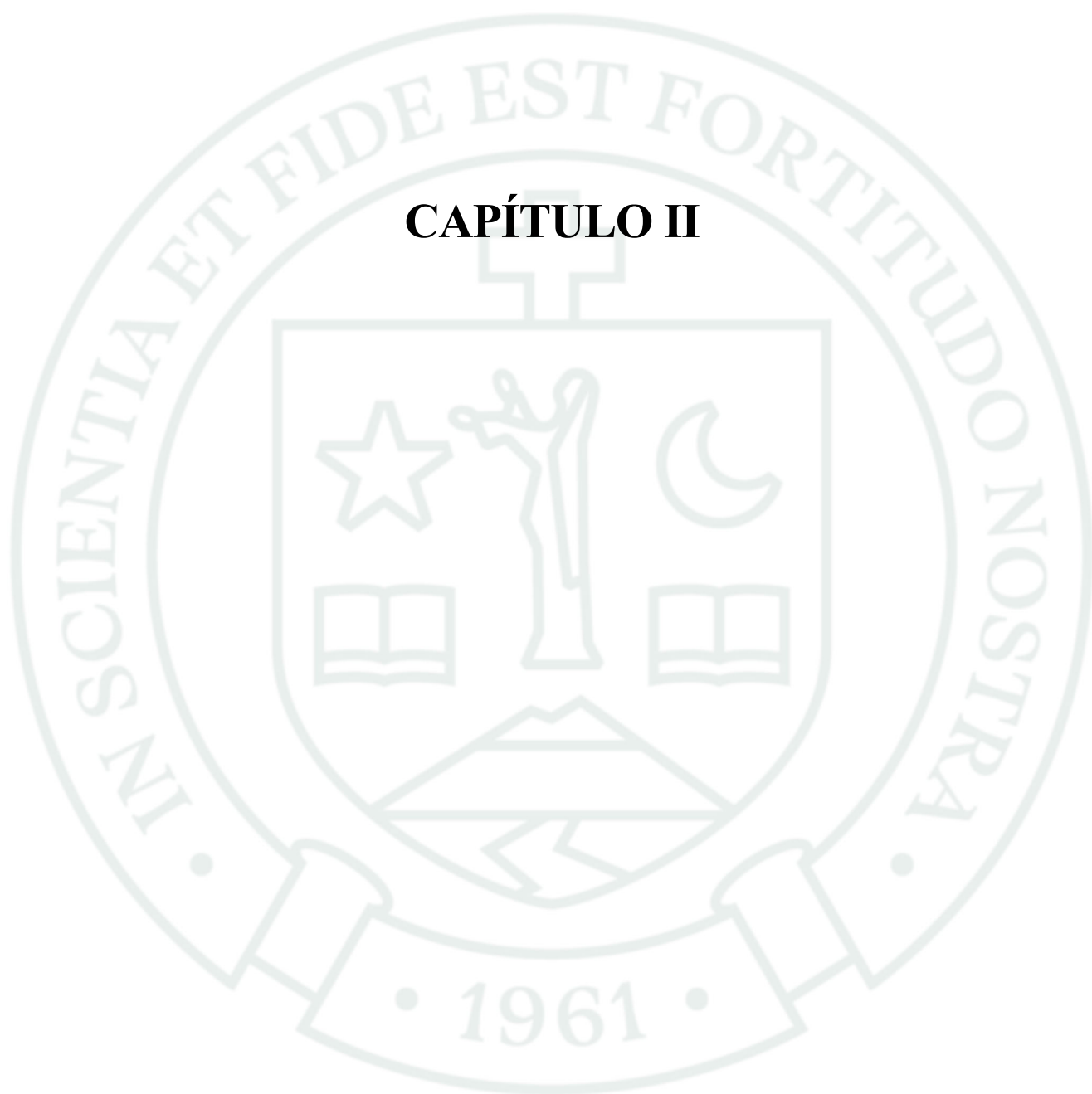
1.7.6. Plan de Análisis Estadístico de los Datos

Para el procesamiento de los datos, se prevé la utilización del software estadístico SPSS, con el fin de realizar análisis exhaustivos y rigurosos. Inicialmente, se aplicarán pruebas de normalidad, tales como Kolmogórov-Smirnov o Shapiro-Wilk, para determinar la distribución de las variables recopiladas. En función de los resultados, se seleccionarán las pruebas estadísticas paramétricas o no paramétricas adecuadas para contrastar las hipótesis planteadas, las cuales estarán orientadas a evaluar la influencia de la implementación conjunta de TPM y RCM en la mejora de la disponibilidad operativa de los activos productivos. Además, se llevarán a cabo análisis descriptivos y

exploratorios para identificar tendencias, patrones de fallas y tiempos de inactividad, permitiendo así una comprensión integral del fenómeno en estudio.



CAPÍTULO II



FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes de la Investigación

(Palomino et al., 2020) con el objetivo de presentar un estudio, el cual se enfoca en el mantenimiento productivo total y el mantenimiento centrado en la confiabilidad, se basa en los pilares iniciales del TPM, como el mantenimiento preventivo y autónomo, así como en el análisis FMEA de RCM para el mantenimiento realizado en este estudio. La implementación del TPM fue exitosa, ya que se pusieron en práctica varias políticas de mantenimiento preventivo asignadas a los activos, demostrando que la aplicación de TPM en la industria de la construcción puede reducir de manera efectiva la acumulación excesiva de mantenimiento, con el respaldo del análisis de RCM en los sistemas de equipos pesados. El exceso de mantenimiento correctivo conlleva a retrasos en los proyectos asignados. Los métodos tradicionales de garantía de disponibilidad, como el mantenimiento reactivo o rutinario, no son adecuados para cumplir con un plan de mantenimiento de equipos pesados. Por lo tanto, la aplicación sistemática de RCM y TPM es necesaria para seleccionar y aplicar tareas de mantenimiento preventivo efectivas.

(Angello, et al., 2022) Con el propósito de aprovechar al máximo los activos de una empresa y obtener una ventaja competitiva operativa sobre sus competidores en el mismo sector, el Centro Naval del Perú busca optimizar los recursos que administra, principalmente barcos y equipos marítimos, para fomentar la práctica de deportes acuáticos en el país. Sin embargo, se enfrenta a altos costos adicionales para mantener operativos estos activos, los cuales representan cerca del 45% de los costos operativos totales. Tras identificar que el principal problema reside en la corta vida útil de los activos debido a errores humanos y métodos de mantenimiento inadecuados, se propone un nuevo modelo que combina las mejores prácticas de TPM y RCM. Este modelo busca reducir las fallas sistemáticas, el desgaste acelerado y las roturas de activos, con el objetivo de mejorar su rendimiento. La implementación de este modelo ha demostrado reducir los

costos de mantenimiento y operación en un 20,29% y aumentar la vida útil de los activos en un 47,33%.

(Supriyati & Ngudi,2023) para incrementar el éxito en la competencia, es fundamental que las empresas cuenten con una estrategia para mejorar su rendimiento. En Indonesia, algunas empresas de pintura de componentes automotrices aplican y miden su rendimiento a través de PQCDSM. La implementación de TPM ha resultado en un aumento en el rendimiento de la producción, la reducción de los costos de calidad y un mejor uso de los equipos, ya que el número de equipos dañados ha disminuido, debido a la implementación de TPM, la eficiencia de la producción ha aumentado en un 68,7%.

(Mohan, et al., 2021) con el propósito de controlar y reducir las averías catastróficas en un 84%. Se examinan los factores que afectan el tiempo de inactividad en la industria 3.0 y se propone el uso de aprendizaje automático basado en un modelo ARIMA adaptativo para predecir fallos en maquinarias. Este enfoque se implementa en una máquina de moldeo en una fundición de automóviles, logrando reducir el tiempo de inactividad y el tiempo medio entre fallos en un 80%.

(Priyanta, et al., 2020) con el propósito de mejorar la fiabilidad de los componentes del sistema, la empresa ha optado por utilizar la Guía para Encuestas basadas en RCM del American Bureau of Shipping. Con el fin de determinar y programar las tareas de mantenimiento de manera óptima, se llevó a cabo un exhaustivo análisis que permitió identificar 38 tipos de tareas de mantenimiento asociadas a distintos modos de falla. Cada intervalo de mantenimiento/inspección se ha planificado en base a los modos de falla identificados, con el objetivo de garantizar la eficacia en el mantenimiento del remolcador.

(Diaz, et al., 2021) con el objetivo de comprobar la efectividad de la estrategia en una empresa, se llevó a cabo la implementación de una herramienta específica, la cual fue

aprobada por expertos. Tras la realización de una encuesta, se confirmó la utilidad de la herramienta gracias a los altos niveles de confiabilidad obtenidos en los indicadores. En el caso de una empresa de transmisión eléctrica, se observó una confiabilidad del 92% en la primera variable basada en RCM, considerada excelente, y del 72% en la segunda variable relacionada con la preparación de la empresa para su implementación, calificada como aceptable. Estos resultados fueron determinados mediante el uso del alfa de Cronbach. Además, se destacó la importancia de esta estrategia y se evidenció la necesidad de realizar ciertos ajustes antes de que la empresa estuviera lista para adoptarla por completo

(Kumtekari, et al. 2022) con el objetivo de agilizar el mantenimiento de los buques y asegurar que puedan regresar a operar sin demoras, liberando así espacio para nuevos barcos en espera de mantenimiento, los constructores navales están enfocados en entregar las embarcaciones a tiempo y dentro de un presupuesto razonable en un mercado altamente competitivo. Sin embargo, en ocasiones se descuida la importancia del mantenimiento en la búsqueda de beneficios, lo cual puede resultar en la sobrecarga de equipos o problemas de calidad y confiabilidad. Para abordar esta problemática, se propone un enfoque altamente eficiente de mantenimiento que integra el mantenimiento productivo total, el mantenimiento centrado en la confiabilidad y el mantenimiento basado en la condición. Este enfoque buscó optimizar el proceso de mantenimiento y mejorar su eficacia mediante la integración de estos enfoques en un marco estructurado y cuantificable.

(Castañeda, et al, 2023) con el objetivo de aumentar la disponibilidad de maquinaria en la línea de producción principal de una empresa dedicada a la producción de alimentos y optimizar el uso de recursos, se han aplicado diversas herramientas de ingeniería, en particular, las metodologías de Mantenimiento como TPM y RCM. Estas

estrategias han demostrado ser efectivas en compañías manufactureras y son consideradas relevantes en el campo de la ingeniería. La efectividad de este modelo se ha evaluado a través de indicadores y una prueba piloto cuyos resultados se publicarán en el futuro. Además, se destaca que el modelo propuesto es adaptable y puede ser personalizado de acuerdo a las necesidades específicas de la empresa a lo largo del tiempo. Esto lo convierte en una fuente valiosa de referencia para investigaciones futuras en el sector industrial.

(Sueyaprakash, et al., 2021) con el objetivo de mejorar la eficacia general del equipo de una máquina utilizada en la producción, esta metodología busca asegurar la disponibilidad de la máquina a través de mejoras continuas que buscan reducir las pérdidas e incrementar la disponibilidad de la máquina. Esto provoca una disminución en el OEE, el cual actualmente se encuentra en un 54,09%. Mediante la aplicación de conceptos Lean como TPM y SMED, podría mejorarse el OEE en un 6,06%. Además, según Lozada et al. (2021), al desarrollar una filosofía TPM para un torno de torneado vertical se proporcionan sugerencias relacionadas con la seguridad, salud y medio ambiente. Las actividades de PM se eligen en función de técnicas de RCM como CA y FMEA, mientras que las actividades de mantenimiento predictivo se establecen siguiendo la norma ISO 3655, 2006. Tras la aplicación de esta propuesta, se observa un aumento del 27,84% y 39,71% en la disponibilidad y rendimiento respectivamente. Asimismo, el cálculo de la OEE ha aumentado un 29,97%, lo que motiva a los lectores a implementar esta metodología en otras industrias para mejorar la eficacia de los equipos y la productividad en general.

(Herrera, et al., 2020) con el objetivo de elevar el OEE a un nivel de Clase Mundial del 85%, la industria del aceite de palma se ha convertido en una parte fundamental de la producción vegetal a nivel mundial, representando el 33% de la misma

y experimentando un notable aumento en la demanda en los últimos años. Sin embargo, en el Perú, la demanda no puede ser satisfecha debido a la baja eficiencia en muchas empresas, donde la maquinaria no alcanza el indicador ideal del 85%. En la región de Ucayali, Perú, una empresa en particular ha enfrentado este problema con una eficiencia global del equipo del 73.27%, lo que indica que las máquinas no están siendo utilizadas de manera óptima. En respuesta a esta situación, se ha llevado a cabo un proyecto de mejora que ha utilizado metodologías como el Mantenimiento Productivo Total y el Single-Minute Exchange of Die. A través de simulaciones en Arena y la medición de indicadores como el MTTR, el tiempo de preparación y el tiempo de inactividad, se ha logrado mejorar el OEE en un 14.97%, con una disponibilidad del 2.96% y un rendimiento del 12.59%.

(Munive & Ruiz, 2022) con el propósito de asegurar que las máquinas de corte estén disponibles en todo momento, se ha diseñado un modelo de mejora que incorpora herramientas como SMED para reducir los tiempos de preparación, la metodología 5s para eliminar desperdicios y aumentar la eficiencia, así como TPM para minimizar las averías de las máquinas, todo ello respaldado por un detallado plan de mantenimiento. Este modelo fue validado a través de simulaciones con el software Arena, lo que resultó en un incremento del 6,45% en la disponibilidad de la máquina de corte. Además, se logró reducir el tiempo de armado de 15.71 minutos a 13.25 minutos y disminuir la cantidad de fallos de la máquina.

(Shanoon, et al., 2023) con el fin de implementar un modelo específicamente diseñado para una planta de API. Se llevó a cabo un estudio de caso que abarcó las fases del proceso de Diseño para Lean Six Sigma, incluyendo Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar, con el propósito de establecer un programa piloto de TPM para un sitio de API a través de entrevistas con los equipos de ingeniería global y local, se recolectaron

datos relacionados con métricas como el tiempo de ejecución de procesos, tiempo de inactividad y disponibilidad de la planta, posteriormente, se propuso y verificó un nuevo diseño para el Mantenimiento Productivo Total y la Confiabilidad, se logró mejorar la eficiencia operativa y el rendimiento general del equipo, como resultado, se logró una significativa reducción en las actividades de mantenimiento planificado, mantenimiento correctivo y limpieza para el mantenimiento, así como un aumento en la disponibilidad de la planta, este estudio resalta la importancia del Mantenimiento Productivo Total como componente fundamental de una estrategia de mantenimiento efectiva, y recomienda la implementación de TPM en organizaciones de fabricación de API.

(Moscoso, et al., 2020) con el fin de mejorar la eficiencia en las empresas manufactureras, se identificó como uno de los mayores problemas la alta incidencia de fallas en las máquinas y el prolongado tiempo necesario para su reparación. En este estudio se propuso un modelo de gestión integral de mantenimiento, que se fundamenta en los principios del mantenimiento productivo total y en las metodologías de mantenimiento centrado en la confiabilidad. Se destaca la originalidad al enfocarse en la ingeniería de confiabilidad para optimizar el tiempo de mantenimiento en el proceso de fabricación. El modelo de Confiabilidad y Mantenimiento Productivo Total desarrollado en este trabajo posee un valor único en el ámbito académico y profesional de la ingeniería, ya que proporciona información valiosa sobre los beneficios potenciales de la aplicación de TPM.

(López, 2021) con el objetivo de mejorar el desempeño de los equipos, especialmente en entornos de fabricación donde se supervisa de manera continua su funcionamiento para minimizar los impactos negativos en la productividad, se llevó a cabo un proceso que incluyó la identificación de fallas, la definición de indicadores de rendimiento, la revisión del programa de mantenimiento preventivo y la implementación

de acciones 5S, a través del uso de herramientas como el TPM y la evaluación estandarizada de tiempos, se logró erradicar los problemas y fallos en los equipos, aumentar su disponibilidad y mejorar la eficiencia operativa del entorno.

(Eriksen, et al., 2021) con el fin de analizar las necesidades de mantenimiento y los problemas de confiabilidad en embarcaciones, se busca evaluar medidas preventivas frente a correctivas, así como considerar la duración del viaje en el desarrollo de posibles fallos. Se proponen modificaciones al método RCM para abordar estas limitaciones y se emplean para examinar un sistema de maquinaria en situaciones tripuladas y no tripuladas. Aunque se observan diferencias mínimas en la probabilidad de fallas entre ambas situaciones, el principal desafío en cuanto al riesgo y la confiabilidad de los buques de carga no tripulados reside en la limitada capacidad para llevar a cabo mantenimiento correctivo en alta mar.

(Meca & Camello, 2020) con el objetivo de mejorar el rendimiento de los equipos a través de un sistema de mantenimiento que busca prolongar su vida útil y aumentar su disponibilidad, evitando así el desgaste prematuro, se llevó a cabo un análisis del impacto de cada pilar del TPM en la eficacia general de los equipos, evaluando detalladamente el desempeño de cada uno de ellos. Los resultados obtenidos revelaron que los pilares de mejora enfocada y mantenimiento planificado fueron los más utilizados en empresas de diferentes sectores. Como consecuencia de la implementación de estos pilares, el OEE experimentó una evolución positiva a lo largo del proceso de implementación del TPM.

(Jaqin, et al., 2020) con el fin de mejorar la efectividad general del equipo, que inicialmente estaba por debajo del estándar mundial de la compañía según el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas - estándar de Mantenimiento Productivo Total, se implementaron medidas como TPM y PHVA. Gracias a estas acciones, se logró incrementar el tiempo de fraguado de los troqueles en un mes, aumentar el valor de

disponibilidad del equipo del 63,3% al 67,8% y, finalmente, elevar el valor OEE del 60,7% al 65,3%.

(Mendes, et al., 2023) con el objetivo de mejorar los procesos de producción, se ha implementado un sistema de monitoreo en tiempo real utilizando sensores, una puerta de enlace y servicios de Internet de las cosas. Este sistema permite adquirir, transmitir, almacenar y visualizar datos en dispositivos móviles y fijos. La aplicación de este modelo en una cinta transportadora de una fábrica de piensos ha demostrado resultados positivos, incluyendo un aumento en la disponibilidad del equipo y una reducción en el tiempo de intervención. La combinación de la industria 4.0 y el mantenimiento productivo total ha mostrado avances significativos en la gestión del mantenimiento, con el potencial de optimizar procesos y mejorar la productividad y competitividad de las empresas.

(Favarao, et al., 2023) con el propósito de aumentar la disponibilidad, cumplir con los estándares de calidad y controlar los riesgos ambientales y de seguridad relacionados con los activos físicos en diversas organizaciones como apoyo para el desarrollo de estrategias de mantenimiento a través de RCM y el RBM adaptando el enfoque tradicional del RCM para incluir la gestión de riesgos en las decisiones de planificación de mantenimiento se permitió a las organizaciones establecer planes de mantenimiento que garanticen la fiabilidad de los activos físicos al tiempo que consideran y priorizan los riesgos asociados con posibles fallos, para ayudar en la elaboración e implementación de planes de mantenimiento centrados en la confiabilidad, el riesgo y el coste.

(Jena, et al., 2023) con el objetivo de mejorar la productividad y rentabilidad, a través de la adopción de un sistema de gestión de mantenimiento completo garantiza la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria. Aunque el mantenimiento centrado en la confiabilidad y monitorear en tiempo real los parámetros de rendimiento y condiciones

de salud de la maquinaria. La incorporación de la Industria 4.0 en el RCM fortalece el sistema de gestión de mantenimiento al permitir la recopilación y análisis de datos para mejorar la disponibilidad y confiabilidad. A través de tecnologías como el Internet de las cosas, sistemas ciber físicos, computación en la nube y computación cognitiva, puede convertir los sistemas tradicionales de RCM en sistemas inteligentes.

(Wolska, et al., 2023) con el propósito de mejorar la eficiencia, calidad y seguridad en la producción, esta metodología se basa en la anticipación, el mantenimiento preventivo, la colaboración entre departamentos y la reducción de costos asociados con tiempos de inactividad y accidentes, este estudio analiza en profundidad la historia y los fundamentos del TPM, así como la forma de implementarlo en las organizaciones mediante la potencial de aplicación del TPM en sectores no productivos como los servicios, la medicina o los laboratorios.

(Alseiri & Farrell, 2021) con el propósito de analizar la integración de la inteligencia artificial y los programas TPM en el sector energético, se presentó una innovadora metodología que incorpora modelado y simulación para respaldar la participación de los operadores en labores de mantenimiento de acuerdo a su capacidad, habilidades y conocimientos técnicos. Existe escasa Investigación aplicada en este ámbito en las centrales eléctricas, lo que destaca la relevancia de este estudio en las prácticas de mantenimiento. Esta Investigación abordó aspectos relacionados con las operaciones de mantenimiento, proponiendo estrategias óptimas con costos reducidos que predicen posibles fallos en plantas de energía cruciales. Integrando métodos de RCM y TPM y utilizando herramientas de optimización, se busca asistir a los operadores en la toma de decisiones, identificando nuevas políticas de mantenimiento o mejorando los planes existentes. Los modelos de optimización propuestos arrojaron resultados prometedores

en simulación, lo que sugiere una valiosa contribución en la implementación de TPM en la industria eléctrica

(Pratama, et al., 2024) con el objetivo de aumentar la productividad se empleó el método de tratamiento de producción total en el mantenimiento de las máquinas, aunque no se ha aprovechado al máximo, como en el caso de las máquinas de la línea 1, se presentó un deterioro del 11,59%, superando el límite de tiempo de trabajo del 10%. Por lo tanto, es crucial implementar un programa de mantenimiento para evitar pérdidas como una menor producción, incremento de costos y otros contratiempos, a través de un enfoque de mantenimiento basado en la confiabilidad, se realizó un estudio para identificar los componentes críticos de la empaquetadora e3060. Se encontró que el componente Sade Lipat tenía la mayor frecuencia de daño y el mayor valor de RPN , ayudó a identificar medidas de mantenimiento y recomendaciones, asegurando así que los equipos funcionen de manera óptima

(Rathi & Kumar, 2023) con el propósito de aumentar la eficiencia del laminador en la planta siderúrgica mediante la introducción del Mantenimiento Productivo Total ,debido a la creciente demanda de productos de acero, es crucial mejorar la eficiencia del laminador, ya que este produce una variedad de elementos estructurales, se recopilaron datos durante seis meses, se analizaron las averías utilizando TPM y luego se implementó el TPM durante los siguientes seis meses, evaluando la productividad del laminador. Se encontró que la productividad del laminador aumentó aproximadamente un 10% con la implementación de TPM, y la disponibilidad del equipo también mejoró en un 14%. Sin embargo, a pesar de estos resultados positivos, la eficiencia general del equipo alcanzó alrededor del 80,19%, acercándose al OEE global del acero del 85%.

(Andrade & Herrera, 2021) con el propósito de examinar la situación actual del mantenimiento enfocado en la confiabilidad en la industria y describir en detalle una

metodología para su implementación. Para alcanzar este objetivo, se llevó a cabo un análisis bibliográfico utilizando las principales bases de datos con literatura especializada en esta área, así como un estudio histórico lógico sobre el origen y desarrollo de esta forma de gestión de mantenimiento

(Jiménez, et al.,2023) con el objetivo de aumentar la disponibilidad de la línea de termoformado de una empresa plástica en el Perú es un problema que genera altos costos debido a penalizaciones por retrasos en la entrega de pedidos y consumos adicionales , mediante la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing como el SMED, TPM y Trabajo Estandarizado, y aumentar la disponibilidad de la línea en un 10% y mantener la competitividad en el mercado, mediante la simulación en el software Arena mostró que con estas herramientas se logró incrementar la disponibilidad de las máquinas del 80% al 93% y mejorar otros indicadores como el tiempo de preparación, el tiempo de programación y el MTBF, el proyecto se considera viable ya que la TIR es mayor que el COK y el VAN es positivo

(Sivasankaran & Panneerselvam, 2022) con el objetivo de evaluar el desempeño de los equipos usados en las instalaciones de manufactura, laboratorios, a través de la observación constante del rendimiento del equipo, se pueden anotar las condiciones del equipo y encontrar soluciones adecuadas para incrementar su uso efectivo. En este estudio se han aplicado los conceptos de TPM en un laboratorio de una institución de educación técnica en el sur de la India, con el objetivo de mejorar la calidad y eficacia de los instrumentos de laboratorio en aplicaciones en tiempo real

(Amaro & Yupanqui,2023) con el propósito de aumentar la disponibilidad de las bombas de ciclones en una empresa minera mediante la aplicación de la metodología RCM, abordando las metodologías y herramientas utilizadas, como producción minera en el Perú, mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo, proactivo, RCM, TPM,

SMED y Kaizen, mediante análisis de la empresa, sus productos, análisis, situación del sector minero, problemática y datos estadísticos, posteriormente se propone una solución de ingeniería para mejorar la disponibilidad de las bombas en el área de mantenimiento molienda y se presentan los resultados de un aumento del 90 % de la productividad tras implementar la metodología RCM, incluyendo una evaluación económica y financiera

(Vidaurre, et al., 2022) con el propósito de mejorar la disponibilidad de la maquinaria en una empresa de polímeros, se centró en analizar la maquinaria, perfeccionando la taxonomía y fusionándola con el número de prioridad de riesgo, se implementó un plan de mantenimiento basado en las actividades de cada equipo, los resultados fueron positivos, logrando un aumento promedio del 91.66% en la disponibilidad de las máquinas críticas evaluadas y en la línea dos de paletización, esto permitió implementar un plan de mantenimiento efectivo y viable para mejorar la disponibilidad de los equipos en la organización

(Espinoza, et al., 2022) con el objetivo de incrementar la disponibilidad y mantener la competitividad en el mercado, uno de los principales desafíos en el sector es mejorar el sistema de mantenimiento, el cual impacta directamente en el rendimiento de las máquinas y de los operadores. Como resultado, se han observado la reducción del tiempo de inactividad y preparación de las máquinas, estas acciones han generado un aumento del 4% en la disponibilidad y mejoras continuas en los indicadores, logrando un incremento adicional del 2%. ,cabe destacar que el éxito en la implementación de este modelo depende no solo del diagnóstico de las máquinas, sino también del compromiso tanto de los operadores como de la dirección, es relevante ya que proporcionará conceptos y métodos para garantizar la disponibilidad de equipos, así como desde una perspectiva práctica para determinar los enfoques adecuados de mantenimiento para cada

organización, además, servirá como referencia metodológica para Investigaciones futuras en problemas relacionados.

2.2. Bases Teóricas de la Investigación

2.2.1. Mantenimiento

El término hace referencia a un conjunto de procedimientos administrativos y de gestión que se implementan en un equipo específico a lo largo de su ciclo de vida para garantizar que pueda llevar a cabo sus funciones con un nivel de calidad específico, sin fallos y con costos de mantenimiento reducidos, la tarea principal del mantenimiento es asegurar la confiabilidad de los equipos de producción a través de actividades como la planificación, la organización, la inspección y el desarrollo de métodos para prolongar su vida útil. Sus funciones van más allá de simples reparaciones al surgir una falla, ya que contribuyen a la reducción o eliminación de paradas imprevistas, la optimización de la vida útil de los equipos, la reducción de los costos de mantenimiento, y garantizan la seguridad y la protección del medio ambiente. (Suzuki, 2017)

2.2.1.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es una acción anticipada que se realiza de forma regular con el propósito de prevenir la aparición de fallas y detectar de manera oportuna posibles problemas que puedan ocasionar un mal funcionamiento en vehículos automotores, maquinaria pesada, equipos electrónicos, entre otros. El objetivo del mantenimiento preventivo es evitar costos elevados de reparación, detenciones no planeadas, prolongar la vida útil de los equipos para garantizar la seguridad de los trabajadores y reducir los períodos de inactividad. (Suzuki, 2017)

2.2.1.2. Mantenimiento correctivo

La técnica más elemental utilizada para solventar los inconvenientes que puedan surgir durante el proceso de producción de un equipo es la reparación correctiva. Esta se

lleva a cabo de manera imprevista, únicamente cuando el equipo presenta una falla o deja de funcionar correctamente. El objetivo principal de este tipo de reparación es restablecer el equipo a su estado original de confiabilidad, sin embargo, si las reparaciones correctivas se vuelven frecuentes, pueden generar un alto impacto en las actividades y en la rotación del inventario, las cuales por lo general no se encuentran planificadas. (Suzuki, 2017)

2.2.1.3. Mantenimiento predictivo

Este tipo de mantenimiento permite determinar el momento futuro en que un componente fallará, de tal manera que se pueda reacondicionar o reemplazar según un plan establecido antes de que se manifieste la falla. Los indicadores del mantenimiento predictivo se basan en la lectura y evaluación de datos provenientes de herramientas de monitoreo, como la medición de vibraciones, la temperatura de puntos específicos y el análisis de aceites. Al comparar los valores predeterminados del activo con su desgaste progresivo, se puede identificar la propensión a fallas y prever intervenciones de mantenimiento. (Suzuki, 2017)

2.2.2. Mantenimiento Productivo Total (TPM):

Es un sistema de mejora continua que se basa en mejorar mediante la corrección de errores y fomenta la participación de todos los trabajadores para aumentar la eficiencia de los equipos y reducir los costos de operación, el TPM lleva a los sistemas de fabricación a niveles más altos de efectividad y eficiencia, lo que permite a las empresas hacer frente a los desafíos de la competencia global. (Ginder, 2020)

2.2.2.1. Concepto y Pilares

- PILAR 01: Mejora orientada

Todas las tareas que maximicen la eficacia global de los equipos, procesos y plantas, basado en la eliminación de pérdidas y la optimización de pérdidas.

- PILAR 02: Mantenimiento Autónomo:

Es la prevención del deterioro por medio de la limpieza, lubricación y apretado de pernos. Teniendo como objetivos una operación correcta de los equipos, una gestión apropiada y estableciendo condiciones básicas permanentes.

- PILAR 03: Mantenimiento planificado

Es la combinación del mantenimiento basado en tiempo (TBM), con el basado en condiciones (CBM), y el mantenimiento de averías (BM).

- PILAR 04: Mantenimiento de calidad

El mantenimiento de calidad consiste en realizar sistemáticamente y paso a paso actividades que garantizan en los equipos las condiciones para que no se produzcan defectos de calidad. Es decir, hablamos de mantener el equipo en unas condiciones perfectas para producir productos perfectos.

- PILAR 05: Formación y adiestramiento

Consiste en la formación de los empleados de manera polivalente, con el fin de potenciar el recurso humano desde un ajuste basado en la necesidad individual.

- PILAR 06: Gestión temprana de los equipos

Se centra en que los productos sean fáciles de fabricar y con fácil utilización, de forma rápida y económica.

- PILAR 07: Actividades de departamento administrativos y de apoyo

Juegan un rol importante como soporte de la producción, basados en la información de calidad que alimentan estas áreas y en su efecto dentro de las áreas de producción.

- **PILAR 08: Gestión de seguridad y entorno**

Es un pilar clave ya que incrementa la productividad, asegurando la fiabilidad del equipo, evitando errores humanos, previniendo accidentes, desde el desarrollo consiente de la seguridad y haciendo seguros los equipos.

2.2.2.2. Beneficios y Aplicaciones

Beneficios tangibles:

- Aumento de la productividad neta entre 1.5 a 2 veces.
- Descenso del número de averías súbitas: desde 1/10 a 1/250 parte de lo anterior
- Descenso de la tasa de defectos del proceso 90%
- Descenso de reclamaciones de clientes 75 %
- Reducción de costes de producción 30%
- Stocks de producto y trabajos en curso: Reducción a la mitad.
- Accidentes 0
- Incidentes de polución 0
- Sugerencias de mejora de 5 a 10 veces más que antes.

Beneficios intangibles:

- Logro de gestión plena: Los operarios asumen las responsabilidades del equipo, se ocupan de el sin recurrir a los departamentos indirectos.
- Se eliminan averías y defectos y se infunde confianza en “Puedo hacerlo”.

- Los lugares de trabajo antes sucios y grasientos son ahora limpios, brillantes y vivos
- Se ofrece una mejor imagen a los visitantes y clientes.

Aplicaciones:

- **Sistemas de producción diversos:** El término “Industrias del proceso” cubre una amplia variedad de industrias que incluye el refinado de petróleo, petroquímica, siderúrgica, generación eléctrica, gas, papeleras, cemento, alimentación, farmacéutica y textil.
- **Diversidad de equipos.** En las industrias de proceso, los procesos de producción consisten en una combinación de operaciones unitarias tales como la pulverización, disolución, reacción, filtración, absorción, concentración, cristalización, separación, moldeado, secado, calentamiento, y cribado, junto con el manejo y vapores de diversas sustancias. Las instalaciones incluyen unidades estáticas tales como columnas, tanques, intercambiadores de calor, calderas y hornos; maquinaria rotativa, bombas, compresores, motores, y turbinas; y la tubería, y sistemas eléctricos e instrumentación que conectan el conjunto.
(Susuki, 2017)

2.2.3. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM):

La práctica de mantenimiento centrado en la confiabilidad es un procedimiento diseñado para identificar tareas específicas basadas en un análisis previo de fallas con el objetivo de garantizar que cualquier activo físico se mantenga funcionando de forma segura y eficiente. Este enfoque implica una gestión eficaz de los recursos invertidos en programas de mantenimiento preventivo y predictivo con el fin de optimizar su desempeño. El RCM se fundamenta en la premisa de velar por la seguridad y la

confiabilidad de los equipos, determinando las medidas preventivas más adecuadas y estableciendo la frecuencia del mantenimiento preventivo a través de un detallado análisis de posibles fallos, sus consecuencias y su nivel de criticidad. (Ginder, 2020)

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual. (Moubray, 2000)

2.2.3.1. Proceso

El proceso de RCM formula siete preguntas acerca del activo o sistema que se intenta revisar:

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
- ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Funciones y Parámetros de Funcionamiento: Este es el primer paso y el más extenso del RCM. Implica definir lo que los usuarios esperan que el activo haga en su contexto operacional. Se distinguen dos tipos de funciones:

- **Funciones primarias:** El motivo principal por el que se adquirió el activo (ej. velocidad, producción, capacidad).
- **Funciones secundarias:** Expectativas adicionales relacionadas con seguridad, control, contención, confort, economía, eficiencia,

cumplimiento normativo, entre otros. Es crucial la participación de los usuarios para comprender las contribuciones del activo a la organización.

Fallas Funcionales: Son los estados en los que el activo no cumple sus funciones según los parámetros aceptables por el usuario. Esto incluye tanto la incapacidad total de funcionar como el funcionamiento con un nivel de desempeño inaceptable (fallas parciales). La identificación de estas fallas solo es posible después de definir las funciones y parámetros.

Modos de Falla: Una vez identificada una falla funcional, se buscan todas las causas "razonablemente posibles" que puedan haberla provocado. Esto incluye fallas por deterioro normal, errores humanos (operadores, mantenimiento) y errores de diseño. Es importante ir más allá de los síntomas para identificar la causa real, sin caer en un exceso de detalle que retrase el análisis.

Efectos de Falla: Se describe lo que sucede cuando ocurre cada modo de falla. Esta descripción debe incluir información sobre la evidencia de la falla, si representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente, cómo afecta la producción u operaciones, daños físicos causados y qué se necesita para repararla.

Consecuencias de la Falla: Este es un aspecto central del RCM. Reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que sus características técnicas. La única razón para el mantenimiento proactivo es evitar o reducir las consecuencias de las fallas. Se clasifican en cuatro grupos:

- **Consecuencias de fallas ocultas:** No tienen impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias.
- **Consecuencias ambientales y para la seguridad:** Ocasionan daño o muerte a personas, o infringen normativas ambientales.

- **Consecuencias Operacionales:** Afectan la producción (cantidad, calidad, servicio al cliente) o generan costos operacionales adicionales al costo de reparación.
- **Consecuencias No-Operacionales:** Solo implican el costo directo de la reparación, sin afectar seguridad ni producción. Esta evaluación de consecuencias guía las decisiones de mantenimiento y prioriza la seguridad y el medio ambiente.

Tareas Proactivas: Son acciones que se emprenden antes de que ocurra una falla para prevenir que el activo llegue al estado de falla. El RCM las clasifica en:

- **Tareas de reacondicionamiento cíclicas:** Refabricar o reparar un componente antes de un límite de edad fijo, sin importar su condición actual.
- **Tareas de sustitución cíclicas:** Reemplazar un componente antes de un límite de edad fijo, sin importar su condición actual.
- **Tareas a condición:** Se basan en detectar "fallas potenciales" (advertencias de que una falla está por ocurrir) para actuar preventivamente. El activo se mantiene en servicio mientras cumpla los parámetros deseados.

Acciones a falta de: Se aplican cuando no se puede identificar una tarea proactiva efectiva. Incluyen:

- **Búsqueda de fallas:** Revisar periódicamente funciones ocultas para ver si han fallado.
- **Rediseño:** Modificaciones únicas al equipo o a los procedimientos para cambiar las capacidades del sistema.

- **Ningún mantenimiento programado (mantenimiento "a rotura"):** Se deja que la falla ocurra y luego se repara.

El Proceso de Selección de Tareas de RCM: El RCM proporciona criterios claros para decidir qué tarea proactiva es factible y vale la pena. Si no se encuentra una tarea proactiva adecuada, se elige una acción a falta de. La selección de tareas depende de las consecuencias de la falla:

- **Fallas ocultas:** La tarea proactiva debe reducir significativamente el riesgo de falla múltiple. Si no, se busca una tarea de búsqueda de falla. Si tampoco es adecuada, se considera el rediseño.
- **Fallas con consecuencias ambientales o para la seguridad:** La tarea proactiva debe reducir el riesgo a un nivel muy bajo o eliminarlo. Si no es posible, se debe rediseñar el componente o cambiar el proceso.
- **Fallas con consecuencias operacionales:** La tarea proactiva debe ser económicamente justificable ($\text{costo de la tarea} < \text{costo de las consecuencias} + \text{costo de reparación}$). Si no, la acción inicial es ningún mantenimiento programado, y si las consecuencias son inaceptables, se considera el rediseño.
- **Fallas con consecuencias no operacionales:** La tarea proactiva debe ser económicamente justificable ($\text{costo de la tarea} < \text{costo de reparación}$). Si no, la acción inicial es ningún mantenimiento programado, y si los costos son muy altos, se considera el rediseño. Este enfoque permite focalizar las tareas de mantenimiento donde realmente se necesitan, aumentando la efectividad y reduciendo el trabajo innecesario. (Moubray, 2000)

2.2.4. Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF)

Amef, una herramienta analítica altamente eficaz, basada en un enfoque sistemático que tiene como propósito identificar, evaluar y mitigar posibles problemas y fallos en productos, procesos o sistemas, su objetivo principal es prevenir o atenuar los efectos negativos de los fallos antes de que ocurran, esto se logra mediante la identificación de las causas potenciales, la evaluación de la severidad de los efectos y la probabilidad de ocurrencia, así como la implementación de medidas preventivas o correctivas adecuadas, esta metodología contribuye a la mejora de la calidad, la reducción de costos y el incremento de la satisfacción del cliente, al involucrar a expertos de diversas áreas en un entorno colaborativo enfocado en la prevención y mitigación de fallos o riesgos, las organizaciones pueden aprender de sus errores y optimizar sus recursos de manera eficiente para asegurar productos más confiables y seguros. (Ginder, 2020) y una buena planificación. Valle Bottger y Rojas Telles (2025).

2.2.5. Disponibilidad de equipos

La disponibilidad de equipos se refiere a la capacidad de contar con una amplia variedad de equipos y herramientas en un determinado lugar, ya sea un trabajo, una empresa o un proyecto. Esto implica que se cuente con diferentes tipos de equipos para abordar diferentes tareas o necesidades, lo que garantiza que se pueda realizar un trabajo eficiente y de calidad, es la disponibilidad de equipos en buen estado y en óptimas condiciones para su uso, esto incluye equipos que estén bien mantenidos, actualizados y que funcionen correctamente, para evitar retrasos o problemas en la ejecución de las tareas, se debe contar con una amplia gama de equipos para poder abordar diferentes tareas de manera efectiva y asegurar su buen estado para su uso (Soliman, 2020).

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{horas paradas por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

(1)

2.2.6. Tiempo medio entre fallas (MTBF)

El tiempo medio entre fallos es un indicador crucial que permite medir la fiabilidad y la disponibilidad de un sistema, equipo o proceso, este tiempo representa la frecuencia con la que se producen las fallas y es fundamental para planificar estrategias de mantenimiento preventivo, cuando se conoce con precisión este dato, se puede tomar decisiones informadas para minimizar el tiempo de inactividad y maximizar la eficiencia del sistema en cuestión, cuanto mayor sea el tiempo medio entre fallos, mayor será la confiabilidad del sistema y menor será el riesgo de paradas no planificadas, es por ello que es fundamental monitorear de cerca este parámetro y establecer medidas que permitan prolongar la vida útil de los equipos, asegurando su correcto funcionamiento y evitando costosos procesos de reparación (Ginder, 2020).

MTBF(Tiempo medio entre fallas)

$$= \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Número de paradas}} \quad (2)$$

2.2.7. Tiempo Medio de Reparación (MTTR)

El Tiempo Medio de Reparación (MTTR) es una métrica fundamental en la gestión del mantenimiento que cuantifica la eficiencia con la que se restauran los equipos a su estado operativo tras una falla (Smith, 2021). Representa el tiempo promedio que transcurre desde la identificación de una avería hasta que el equipo está completamente reparado, probado y listo para reanudar su función normal. Este período incluye diversas fases como el diagnóstico del problema, la espera de repuestos si es necesario, la ejecución física de la reparación, y las pruebas de funcionamiento para asegurar la operatividad (Gómez & Pérez, 2020).

La relevancia del MTTR radica en su capacidad para indicar la capacidad de respuesta y la eficacia de los equipos de mantenimiento. Un valor de MTTR bajo es

deseable, ya que minimiza el tiempo de inactividad de los activos, lo que a su vez reduce las pérdidas de producción y los costos asociados a las interrupciones operativas. Por el contrario, un MTTR elevado puede señalar deficiencias en el proceso de mantenimiento, como falta de personal capacitado, problemas de suministro de piezas o métodos de diagnóstico ineficientes (Martínez, 2019).

El cálculo del MTTR se realiza dividiendo la suma total de los tiempos de reparación por el número total de reparaciones realizadas en un período determinado (Smith, 2021). Esta métrica es vital para la planificación de mantenimiento correctivo y para la implementación de estrategias que busquen optimizar la disponibilidad de los equipos.

2.2.8. Tiempo medio de confirmación de recepción

El concepto de lead time se refiere al período de tiempo promedio que transcurre desde que se recibe una solicitud de servicio o producto, hasta que se confirma su recepción y se comienza a trabajar en ella, es un indicador clave para evaluar la velocidad y eficacia en la gestión de pedidos y solicitudes de los clientes, tener un lead time corto puede ser crucial para garantizar la satisfacción del cliente y la competitividad en el mercado, ya que un proceso ágil y eficiente puede marcar la diferencia en la experiencia del consumidor, es fundamental monitorear y optimizar constantemente el lead time para asegurarse de ofrecer un servicio de calidad en tiempo y forma. (Ginder, 2020).

2.2.9. Confiabilidad

La confiabilidad se define como la probabilidad de que un ítem (componente, equipo o sistema) desempeñe su función requerida bajo condiciones de operación y mantenimiento especificadas durante un intervalo de tiempo determinado (O'Connor & Kleyner, 2012). Es una medida inherente al diseño y se expresa matemáticamente mediante la función de confiabilidad $R(t)$:

Fórmula matemática principal

$$R(t) = P(T > t) = 1 - F(t) = e^{(-\lambda t)} \quad (\text{para distribución exponencial, falla aleatoria})$$

donde:

$R(t)$ = confiabilidad en el tiempo t

$F(t)$ = función de distribución acumulativa de fallas

λ = tasa de falla constante ($1/\text{MTBF}$)

MTBF = Mean Time Between Failures = $1/\lambda$

2.2.10. Mantenibilidad

La mantenibilidad se define como la probabilidad de que una acción de mantenimiento correctivo o preventivo se complete con éxito dentro de un intervalo de tiempo dado, cuando se realiza bajo condiciones establecidas y con los recursos y procedimientos prescritos (Blanchard et al., 1995; IEC, 2006).

Fórmula matemática principal

$$M(t) = P(T_r \leq t) = 1 - e^{(-\mu t)} \quad (\text{para distribución exponencial})$$

donde:

$M(t)$ = función de mantenibilidad en el tiempo t

T_r = tiempo de reparación/restauración

μ = tasa de reparación = $1/\text{MTTR}$

MTTR = Mean Time To Repair (tiempo medio de reparación activa)

2.3. Marco Conceptual

El presente marco conceptual busca establecer las bases teóricas y la terminología esencial que sustentan el estudio, proporcionando claridad y precisión en la interpretación de los conceptos clave (Disponibilidad, Tiempos Muertos, Productividad, etc.)

2.3.1. Disponibilidad

La disponibilidad es la probabilidad de que un sistema se encuentre en estado operable y capaz de cumplir su función requerida en un instante dado o durante un período determinado, considerando tanto los tiempos de operación como los de parada por mantenimiento correctivo y preventivo (IEC, 2015; Rausand & Høyland, 2004).

Fórmulas matemáticas principales

Disponibilidad inherente (solo fallas aleatorias):

$$A = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

2.3.2. Tiempos muertos

- Los tiempos muertos, también conocidos como paradas de producción o inactividad, se refieren a cualquier período durante el cual un equipo, máquina o proceso no está operando, ya sea de forma planificada o no planificada (Gómez & Pérez, 2020). Estos tiempos representan una interrupción en la producción y pueden ser causados por fallos mecánicos, esperas de material, ajustes, cambios de formato, falta de personal, o cualquier otra circunstancia que impida la operación normal. Reducir los tiempos muertos es fundamental para mejorar la productividad.

2.3.3. Mejora Continua y Herramientas de Gestión (5S, Pareto, Ishikawa)

La mejora continua es una filosofía de gestión que enfatiza la búsqueda constante de formas de optimizar los procesos, productos y servicios de una organización, a menudo en pequeños incrementos, para lograr una eficiencia y calidad superiores (Johnson & Lee, 2022). Se basa en la premisa de que siempre hay margen para mejorar y que la participación de todos los niveles de la organización es crucial.

Para facilitar la mejora continua, se emplean diversas herramientas de gestión, entre las que destacan:

2.3.1.1. 5S

El método 5S es una metodología de gestión visual y una práctica de organización del lugar de trabajo que tiene como objetivo mejorar la eficiencia, la seguridad y la moral de los empleados a través de la eliminación de residuos (desperdicios) y la creación de un entorno de trabajo organizado (Martínez, 2019). Las 5S son:

- **Seiri (Clasificar):** Eliminar lo innecesario.
- **Seiton (Ordenar):** Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.
- **Seiso (Limpiar):** Mantener el lugar de trabajo limpio.
- **Seiketsu (Estandarizar):** Crear normas para mantener la organización y la limpieza.
- **Shitsuke (Mantener):** Sostener la disciplina y mejorar continuamente

2.3.1.2. Diagrama de Pareto (Análisis Pareto)

El Principio de Pareto, también conocido como la regla 80/20, establece que, en muchos eventos, aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas (Gómez & Pérez, 2020). El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica que clasifica las categorías de problemas o causas de un problema en orden descendente de frecuencia o impacto, lo que permite a las organizaciones identificar y centrarse en las "pocas vitales" que tienen el mayor impacto, para así lograr la mayor mejora con el menor esfuerzo.

2.3.4. *Mantenimiento (Maintenance):*

El mantenimiento es el conjunto de actividades, tanto preventivas como correctivas, que se llevan a cabo para asegurar que los equipos, sistemas e instalaciones funcionen de manera óptima, prolongar su vida útil y minimizar las interrupciones en la producción (Martínez, 2019). Su objetivo es garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los activos, reducir costos y mejorar la seguridad operativa.

2.3.5. Fallo / Avería (*Failure / Breakdown*)

Un fallo o avería se define como la terminación de la capacidad de un equipo o componente para realizar su función requerida dentro de los parámetros especificados (Smith, 2021). Los fallos pueden ser repentinos o graduales y resultan en una interrupción de la operación, requiriendo intervención de mantenimiento para restaurar la funcionalidad.

2.3.6. Ciclo de Mejora (*Improvement Cycle*)

Un ciclo de mejora es una secuencia iterativa de pasos o fases diseñadas para identificar problemas, implementar soluciones, monitorear resultados y estandarizar mejoras, con el objetivo de optimizar continuamente un proceso, producto o servicio (White, 2018). Ejemplos comunes incluyen el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) o el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar).



CAPITULO III

ANALISIS SITUACIONAL

3.1. Diagnóstico de la Situación Actual

R&J Interoceánica SAC, fundada en 2006, se especializa en el transporte de materiales IQBF como cemento y cal. Desde sus inicios, la empresa experimentó un crecimiento sostenido y consistente hasta 2019, cuando el caso Odebrecht en el Perú fue revelado, el involucró a uno de sus principales clientes, provocó la anulación de contratos que representaban un porcentaje significativo de sus ingresos. Este evento desencadenó una crisis económica que se extendió hasta principios de 2022, afectando gravemente el área de mantenimiento. Durante este período, la empresa enfrentó deficiencias en personal, máquinas, herramientas y disponibilidad de repuestos, problemas que persisten hasta 2025.

En esta nueva etapa, y tras superar parcialmente la crisis mediante la firma de nuevos contratos y convenios, R&J Interoceánica SAC busca optimizar sus procedimientos especialmente en el área de mantenimiento. Con este objetivo, se propone implementar metodologías internacionales como TPM (Mantenimiento Productivo Total) y RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) para fortalecer el área en mención y mejorar las áreas relacionadas, tales como logística y operaciones. Estas estrategias permitirán abordar las deficiencias identificadas, optimizar la gestión de recursos y garantizar la continuidad operativa de la flota de vehículos, alineándose con los objetivos de reducir costos, minimizar fallas y aumentar la eficiencia.

3.1.1. Misión

Convertirnos en operadores logístico con actividades nacionales e internacionales.

3.1.2. Visión

Somos una empresa que brinda servicios integrales de la cadena de abastecimiento, enfocados en un servicio de calidad teniendo como ejes principales a la seguridad, el cuidado del medio ambiente y la responsabilidad social, que nos permiten

cumplir las exigencias de nuestros clientes principalmente ubicados en el sector Minería, Construcción e Industria, teniendo como base sólidos principios cristianos para nuestro desarrollo.

3.1.3. Valores

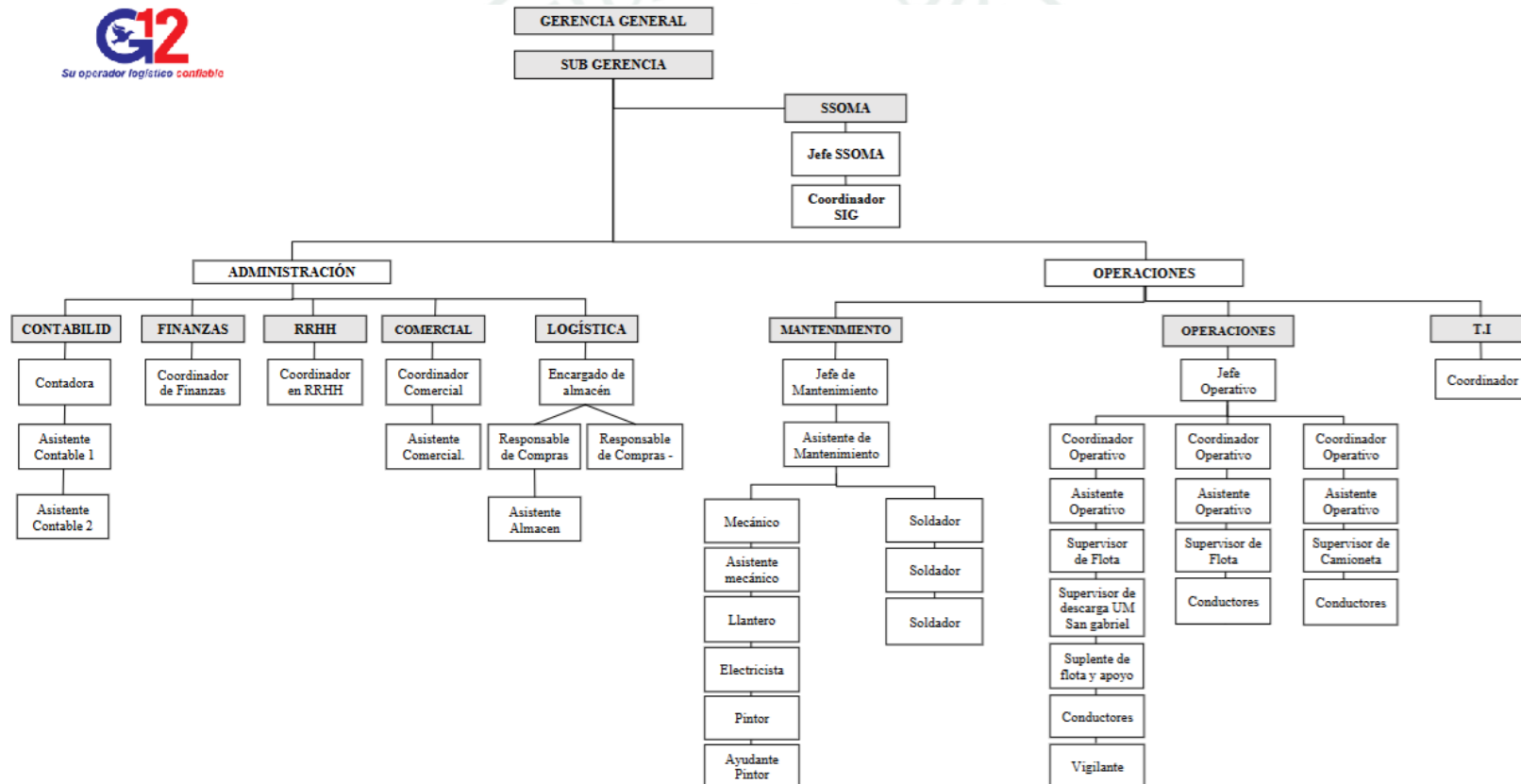
- Compromiso.
- Respeto.
- Liderazgo.
- Vocación de servicio al cliente.



3.1.4. Organigrama

Figura 1

Organigrama de la empresa



Nota. Elaboración propia.

El organigrama presenta la estructura organización, abarcando tanto las áreas administrativas como operativas. Asimismo, permite identificar la línea de mando y la jerarquía organizacional.

3.1.5. Análisis de Indicadores (MTBF, MTTR, Disponibilidad Operativa, Costos)

Dentro de la empresa el periodo 2024 se hizo un análisis de como estábamos en relacion al MTBF, MTTR, disponibilidad y confiabilidad.

Teniendo como resultados globales:

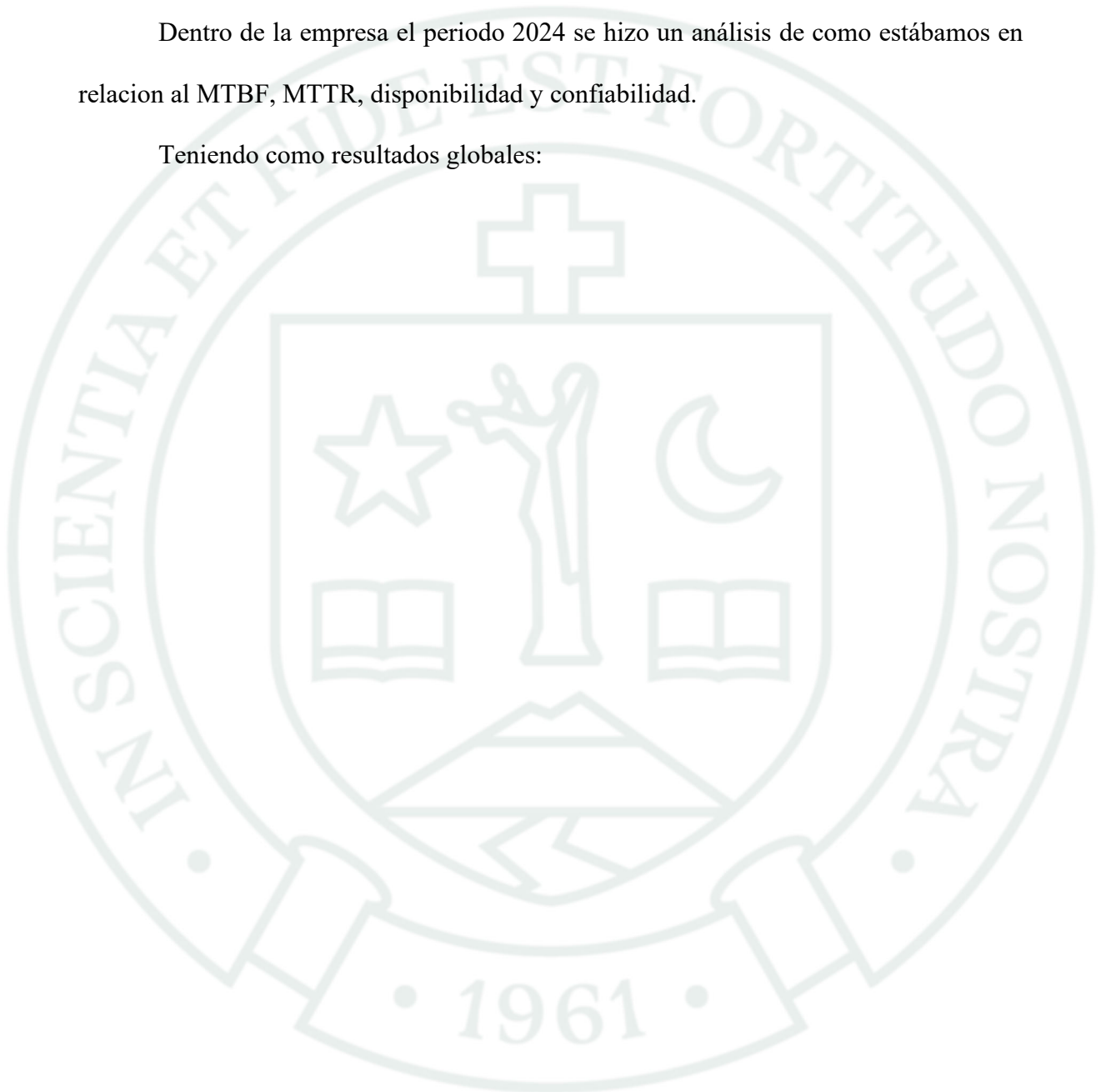


Tabla 2*Indicadores globales*

Nº	Maquinaria	Horas de trabajo	Horas de Mto planificado	Número de intervenciones	Horas de Mto No Planificado	Número de Paradas No Planificadas	Horas Utilizadas	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Confiabilidad
1	ANS-843	1020	26	3	135	15	1181	68.00	9.00	88%	75%
2	ANT-733	1200	185	29	260	37	1645	32.43	7.03	82%	54%
3	ANT-788	1200	60	8	76	12	1336	100.00	6.33	94%	82%
4	ASZ-934	1200	159	24	407	55	1766	21.82	7.40	75%	40%
5	ATN-854	1200	146	22	419	58	1765	20.69	7.22	74%	38%
6	AYR-786	1200	38	4	35	4	1273	300.00	8.75	97%	94%
7	AYR-808	1200	28	3	28	3	1256	400.00	9.33	98%	95%
8	BJN-732	1200	0	0	21	4	1221	300.00	5.25	98%	94%
9	BJP-772	1200	66	7	76	8	1342	150.00	9.50	94%	88%
10	BKC-700	1200	67	12	201	24	1468	50.00	8.38	86%	67%
11	BKK-844	1200	1	1	41	8	1242	150.00	5.13	97%	88%
12	BLK-702	1200	29	8	236	37	1465	32.43	6.38	84%	54%
13	BNV-904	1200	49	6	216	27	1465	44.44	8.00	85%	64%
								128.45	7.52	88.6%	71.6%

Nota. Elaboración propia.

Se presentan los indicadores de mantenimiento registrados antes de la intervención, constituyendo la línea base para comparar y evaluar las mejoras obtenidas tras implementar las metodologías propuestas.

Nuestro tiempo medio entre fallas en el periodo 2024 fue de 128.45 hrs lo que refleja una deficiencia especialmente en los vehículos de marca Freightliner.

$$MTBF = 128.45 \text{ hrs}$$

El tiempo medio de reparación esta en promedio de 7.5 hrs, lo que significa que nos demoramos en promedio ese tiempo para poder solucionar una falla en las máquinas

$$MTTR = 7.5 \text{ hrs}$$

Como tercer KPI tenemos la disponibilidad de las unidades lo que significa que los equipos tienen en promedio 88.6 % que significa que tan accesible es un equipo para su uso

$$\text{Disponibilidad} = 88.6 \%$$

Como ultimo KPI se tiene 71.6 % que nos da una confiabilidad baja para equipos del año 2016 y 2022. Siendo este un ratio preocupante para el periodo 2024.

$$\text{Confiabilidad} = 71.6 \%$$

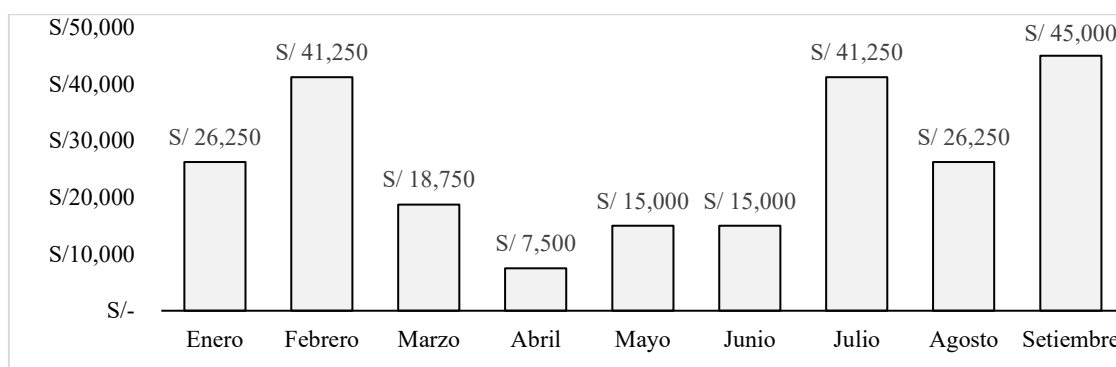
3.1.6. Perdidas por Indisponibilidad

Durante el periodo 2024, la falta de disponibilidad de equipos generó pérdidas significativas debido a la cancelación de viajes y fletes programados. En varios casos, fue necesario contratar servicios de transporte externos para cumplir con los compromisos de entrega, incrementando los costos operativos.

Como resultado, se estima que las pérdidas económicas superaron los S/ 236,250.00 en el periodo analizado, reflejando el impacto directo de la indisponibilidad de unidades en la rentabilidad y eficiencia del servicio logístico.

Figura 2

Pérdidas por indisponibilidad



Nota. Elaboración propia.

El presente cuadro adquiere relevancia en relación con las pérdidas monetarias derivadas de la indisponibilidad de los equipos. Se observa un énfasis particular en los meses de febrero, julio y septiembre, donde se registran picos significativos.

3.1.7. Aplicación de Encuesta Situacional

Para determinar la situación actual del personal involucrado en el área de mantenimiento de R&J Interoceánica S.A.C., se aplicó una encuesta estructurada de 15 preguntas con una escala Likert, dirigida al personal técnico, operadores y supervisores, utilizando una muestra estratificada. Los datos fueron procesados mediante el software SPSS para su respectivo análisis. Las preguntas fueron diseñadas en alineación con los principios del TPM y el RCM. En relación con el TPM, las preguntas 3 y 14 evalúan los procedimientos y la capacitación para que los operadores realicen inspecciones básicas, fomentando el mantenimiento autónomo; las preguntas 5, 11 y 12 analizan el compromiso organizativo y la participación del personal en procesos de mejora continua; la pregunta 14 mide directamente el nivel de conocimientos técnicos del personal, esencial para fortalecer la capacitación; y la pregunta 15 aborda la percepción de riesgos y las condiciones de seguridad en las operaciones con maquinaria pesada. En cuanto al RCM, las preguntas 2 y 13 evalúan el registro, frecuencia e impacto de las fallas para apoyar el

análisis de modos y efectos de falla (AMEF); las preguntas 1, 7 y 9 examinan la planificación y frecuencia de las actividades de mantenimiento preventivo y predictivo basadas en datos operativos; y la pregunta 10 analiza la gestión de indicadores como el MTBF y la disponibilidad de equipos, fundamentales para la toma de decisiones y la optimización de la confiabilidad operacional.

El instrumento de encuesta fue sometido a un proceso de validación de contenido mediante juicio de expertos, utilizando fichas de validación aplicadas a los responsables de las áreas de Mantenimiento, Operaciones y Seguridad de la empresa de transporte, con el fin de asegurar la claridad, objetividad, consistencia, coherencia, pertinencia y suficiencia de los ítems evaluados. Véase en Anexos.

3.1.7.1. Encuesta

1. El mantenimiento preventivo de los equipos (tractos, camionetas, bombonas, plataformas) se realiza con la frecuencia adecuada para prevenir fallas inesperadas.
2. Las fallas de los equipos se registran y analizan sistemáticamente para identificar sus causas y prevenir recurrencias.
3. Existen procedimientos claros que me permiten realizar inspecciones básicas o mantenimiento autónomo en los equipos que se opera.
4. Los recursos (herramientas, repuestos, personal) destinados al mantenimiento son suficientes para garantizar la disponibilidad operativa de los equipos.
5. La alta dirección demuestra un compromiso visible con la mejora continua de las prácticas de mantenimiento.
6. La comunicación entre el área de mantenimiento y otras áreas (como operacion o logística) es efectiva y oportuna.
7. Se realizan inspecciones periódicas para detectar posibles fallas antes de que causen paradas no planificadas.

8. Tengo acceso a información actualizada sobre el estado de los equipos y las tareas de mantenimiento programadas

9. La planificación del mantenimiento se ajusta regularmente según el análisis de datos de fallas y desempeño.

10. Los indicadores de desempeño, como la disponibilidad operativa o el tiempo medio entre fallas (MTBF), se monitorean regularmente.

11. Mi participación activa en la identificación y resolución de problemas de mantenimiento es promovida por la empresa.

12. La empresa cuenta con un sistema estructurado para evaluar y mejorar continuamente las estrategias de mantenimiento.

13. Las fallas frecuentes en los equipos (ejemplo: frenos, sistemas hidráulicos, llantas) afectan significativamente la continuidad operativa de la empresa.

14. Me siento capacitado para realizar tareas de mantenimiento autónomo o identificar modos de falla en los equipos que opero.

15. Existen protocolos claros para garantizar la seguridad durante las actividades de mantenimiento de los equipos.

La encuesta se realizó con la escala Likert, según el siguiente puntaje.

Tabla 3

Puntuación de escala Likert utilizada en la encuesta

Respuesta	Puntuación
Totalmente de acuerdo	5
De acuerdo	4
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3
En desacuerdo	2
Totalmente en desacuerdo	1

Nota. Elaboración propia.

3.1.7.1. Pruebas Estadísticas (Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk, t de Student, Wilcoxon)

Gestión del mantenimiento preventivo

Tomando la encuesta Likert ejecutada y haciendo la prueba de normalidad en SPSS podemos determinar que:

Figura 3

Prueba de normalidad para la Gestión del mantenimiento preventivo en SPSS

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
M.Pre_Predi	,175	12	,200*	,900	12	,160
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Nota. Elaboración propia.

Ambos tests presentan valores de significancia superiores a 0,05 ($p = 0,200$ y $p = 0,160$ respectivamente), lo que indica que los datos siguen una distribución normal. Por lo tanto, se puede aplicar análisis paramétrico en las pruebas estadísticas posteriores para esta dimensión

Al ser una prueba de menos de 30 personas usaremos la prueba de Shapiro-Wilk la que nos indica que:

Hipótesis estadística

Ho= La distribución de datos de la variable “Gestion de mantenimiento preventivo” es Normal

H1: La distribución de datos de la variable “Gestion de mantenimiento preventivo” no es Normal.

Hipótesis de decisión:

Se rechaza Ho si $SIG < 0.05$, caso contrario se acepta Ho

Luego, dado que $SIG > 0.05$ Se acepta la H_0 .

Identificación y control de fallas

Figura 4

Prueba de normalidad para la Identificación y control de fallas en SPSS

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
D2	,221	12	,109	,920	12	,288
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Nota. Elaboración propia.

Los valores de significancia obtenidos son $p = 0,109$ en la prueba de Kolmogorov-Smirnov y $p = 0,288$ en la prueba de Shapiro-Wilk, ambos superiores al nivel de 0,05. Esto indica que los datos de la dimensión siguen una distribución normal, permitiendo el uso de pruebas estadísticas paramétricas en el análisis posterior.

Al ser una prueba de menos de 30 personas usaremos la prueba de Shapiro-Wilk la que nos indica que:

Hipótesis estadística

H_0 = La distribución de datos de la variable “Identificación y control de fallas” es Normal.

H_1 : La distribución de datos de la variable “Identificación y control de fallas” no es Normal.

Hipótesis de decisión:

Se rechaza H_0 si $SIG < 0.05$, caso contrario se acepta H_0

Luego, dado que $SIG > 0.05$ Se acepta la H_0 .

Capacitación técnica del personal de mantenimiento

Figura 5

Prueba de normalidad para la Capacitación técnica del personal de mantenimiento en SPSS

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
D3	,193	12	,200 [*]	,932	12	,404
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Nota. Elaboración propia.

Los valores de significancia son $p = 0,200$ en la prueba de Kolmogorov-Smirnov y $p = 0,404$ en la prueba de Shapiro-Wilk, ambos superiores al nivel de 0,05. Esto indica que los datos de la dimensión D3 siguen una distribución normal, por lo que se pueden aplicar pruebas estadísticas paramétricas en los análisis subsiguientes.

Al ser una prueba de menos de 30 personas usaremos la prueba de Shapiro-Wilk la que nos indica que:

Hipótesis estadística

H_0 = La distribución de datos de la variable “Capacitación técnica del personal de mantenimiento” es Normal.

H_1 : La distribución de datos de la variable “Capacitación técnica del personal de mantenimiento” no es Normal.

Hipótesis de decisión:

Se rechaza H_0 si $SIG < 0.05$, caso contrario se acepta H_0

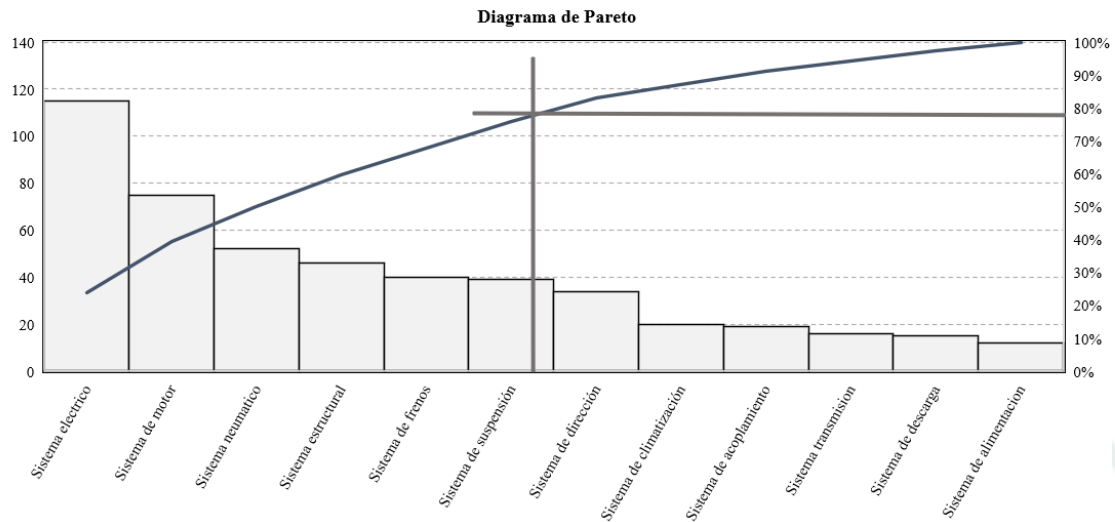
Luego, dado que $SIG > 0.05$ Se acepta la H_0 .

3.1.7.2. Diagrama de Pareto

Basado en el comportamiento del equipo, procedemos a revisar los sistemas basado en la recopilación de información.

Figura 6

Diagrama de Pareto de reportes de fallas



Nota. Elaboración propia.

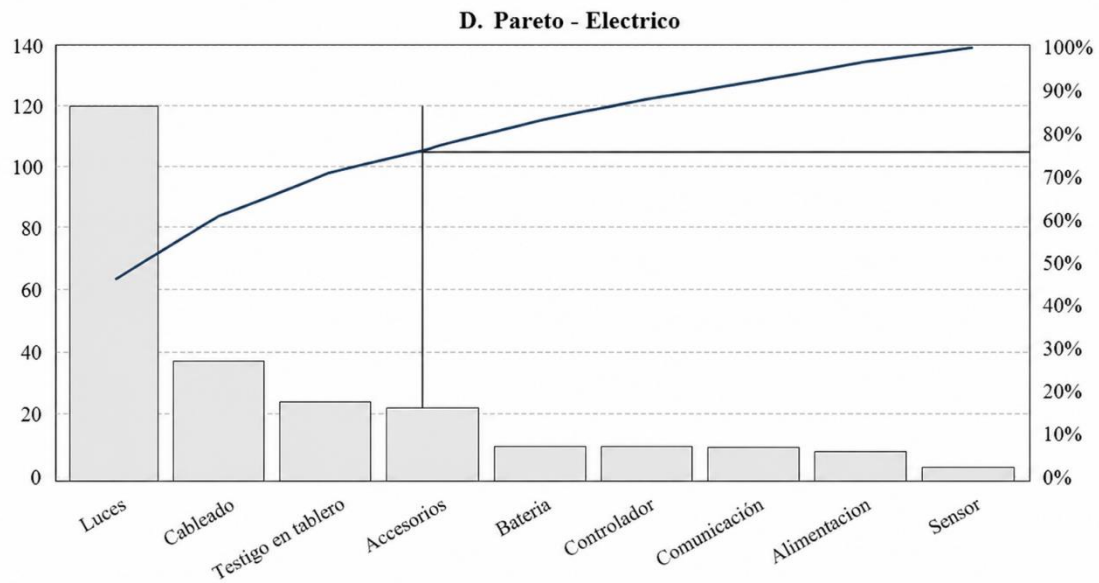
El análisis de Pareto sirve como criterio objetivo para la selección del sistema clave de estudio en esta tesis. Al identificar que el sistema eléctrico concentra la mayor oportunidad de reducción de MTTR (tiempo medio de reparación) y MTBF (tiempo medio entre fallas), se justificó plenamente la aplicación detallada de la metodología RCM 2 exclusivamente a dicho subsistema.

La concentración observada también valida lo estudiado al principio ya que, en flotas de transporte pesado de larga distancia, los sistemas eléctricos modernos (alta densidad de componentes electrónicos, exposición a vibración, humedad y ciclos térmicos extremos) se han convertido en la principal limitante de la disponibilidad, superando incluso a los tradicionalmente críticos (motor y transmisión).

Con esta premisa se realiza un análisis específicamente en el sistema de luces, en la parte de componentes y subsistemas, realizando un nuevo diagrama de Pareto basado en la especificidad de lo hallado.

Figura 7

Diagrama de Pareto del sistema eléctrico



Nota. Elaboración propia.

Se observa que el subsistema más crítico corresponde al subsistema de luces, seguido por el cableado y los testigos del tablero. Estos tres subsistemas concentran aproximadamente el 80 % de las consecuencias asociadas al sistema eléctrico, lo que evidencia su mayor impacto y relevancia dentro del análisis.



CAPITULO IV

PROPUESTA DE MEJORA

4.1. Modelo TPM-RCM

Basado en la literatura revisada (e.g., Moscoso et al., 2020; Palomino et al., 2021), se propone la implementación de un modelo híbrido que posiciona al Mantenimiento Productivo Total (TPM) como estructura global y participativa, integrando sus 8 pilares (e.g., mantenimiento autónomo y mejora continua) para fomentar la cultura de optimización en toda la organización. Complementariamente, el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) actúa como metodología técnica especializada, aplicando sus 4 fases (alcance, análisis de fallas, evaluación de impactos y monitoreo) para priorizar modos de falla críticos mediante herramientas como AMEF y árboles de decisiones. Esta sinergia es particularmente idónea para tractocamiones de gran tonelaje y movilidad, donde la confiabilidad inherente minimiza riesgos en rutas dinámicas y reduce downtime no planificado (hasta 35% en casos similares, según Mendes et al., 2023). El enfoque híbrido optimiza aspectos culturales (TPM: participación de conductores y mecánicos en inspecciones diarias) y cuantitativos (RCM: optimización de MTBF/MTTR mediante estrategias preventivo-predictivas), logrando una disponibilidad operativa superior al 92% en el piloto propuesto.

4.1.1. Validación Funcional

Con la validación de todo el personal, incluyendo las áreas de Operaciones y Mantenimiento, se procede a la implementación del modelo híbrido propuesto. A continuación, se presenta el flujograma que describe el proceso de implementación integral de las metodologías TPM y RCM, mostrando su secuencia, interrelación y las etapas clave para garantizar una ejecución efectiva y sostenible en el tiempo.

Tabla 4

Inversión requerida del proyecto para el primer año

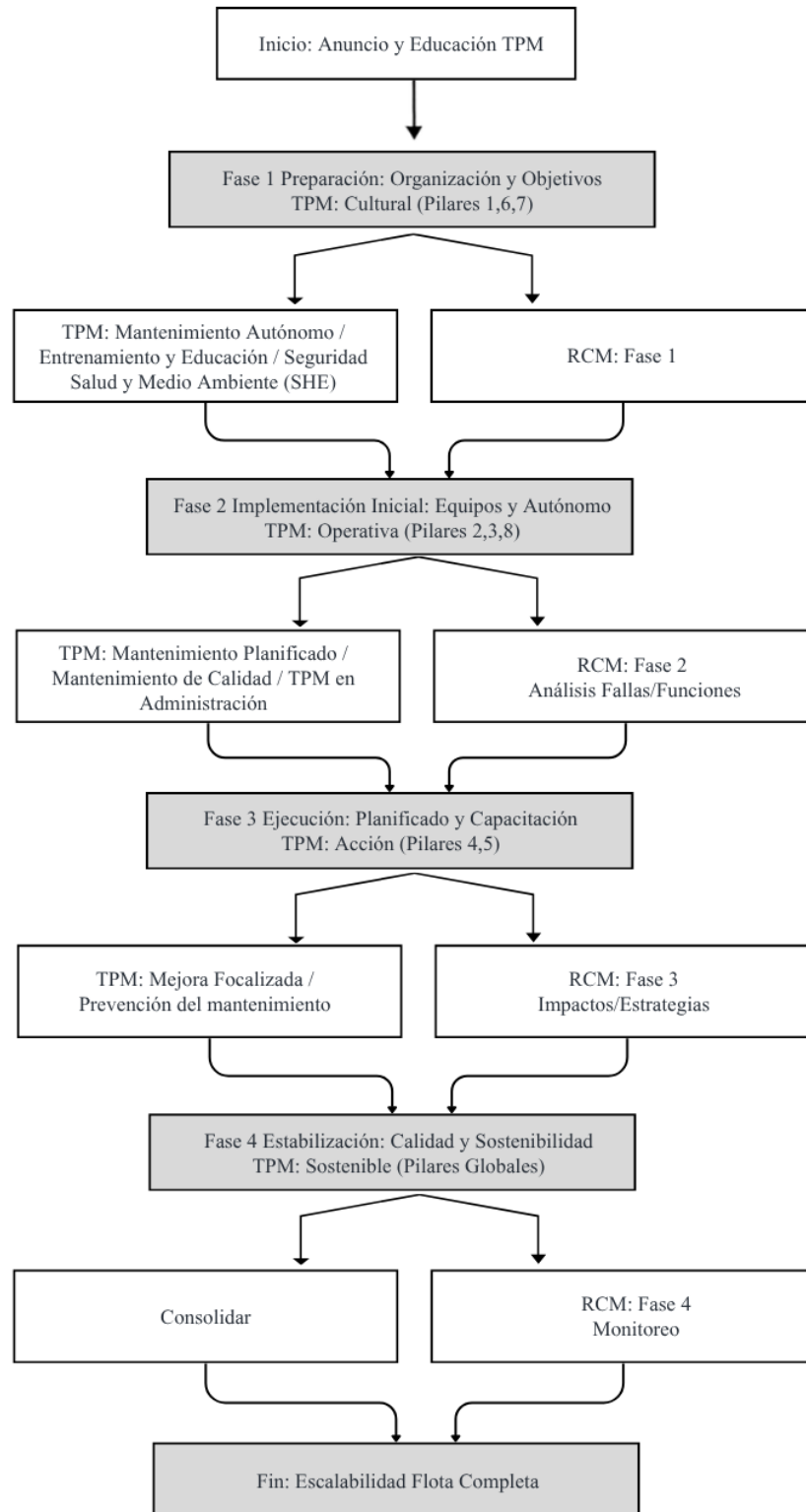
ÍTEM	COSTO UNITARIO (S/)	CANTIDAD	SUBTOTAL (S/)	NOTA	TOTAL
1. Capacitación y formación del personal			48,500		48,500
- Capacitación inicial TPM (8 pilares) para 30 personas (operadores + técnicos)	1,200 por persona	30	36,000	Curso certificado 40 h	
- Capacitación RCM + AMEF avanzado (técnicos y supervisores)	2,500 por persona	5	12,500	Incluye software AMEF	
2. Software GMAO/CMMS (Fracttal One o equivalente)	1,800 por mes	12 meses	21,600	Licencia anual + implementación inicial	21,600
3. Herramientas básicas 5S y mantenimiento autónomo			18,000		18,000
- Tableros visuales, etiquetas, sombras, carros de limpieza, etc.	Lote por taller	2 talleres	9,000 cada uno		
4. Instrumentos básicos de medición predictiva (piloto)			58,000		58,000
- Analizador de vibraciones portátil (Fluke 810 o similar)	38,000	1	38,000		
- Termógrafo infrarrojo	8,000	1	8,000		
- Kit básico de análisis de aceite	12,000	1	12,000	Opcional primer año	
5. Materiales de capacitación y certificación			8,000	Manuales, diplomas, coffee break	8,000
6. Gastos operativos (transporte consultor, viáticos Arequipa)			12,000		12,000
7. Contingencia (10 %)			23,110		23,110
TOTAL INVERSION 2025					189,210

Nota. Elaboración propia

4.2. Implementación

Figura 8

Diagrama de implementación de la metodología híbrida



Nota. Elaboración propia.

Se presenta el esquema de implementación integrada TPM-RCM en cuatro fases: preparación, implementación, ejecución y estabilización, guiando el desarrollo del proyecto de mejora.

4.2.1. Fase 01: Preparación

4.2.1.1. Anuncio

La reunión con la Gerencia General se realizó como parte de la primera fase de difusión, con el objetivo de garantizar el pleno conocimiento y comprensión del modelo propuesto, así como asegurar el compromiso directivo respecto a las futuras intervenciones y la asignación del presupuesto necesario para alcanzar los niveles óptimos de desempeño. Esta actividad forma parte de la etapa de preparación e implementación de la metodología híbrida TPM-RCM, estableciendo las bases estratégicas para su correcta aplicación y sostenibilidad en la organización.

4.2.1.2. TPM: Pilar 1,6,7

4.2.1.2.1. Mantenimiento autónomo

Esta acción se fundamenta en el fortalecimiento del área de operaciones, con el objetivo de desarrollar competencias básicas de mantenimiento en los conductores y operarios de unidades semirremolque, promoviendo la cultura TPM.

La capacitación estará orientada a que los operarios realicen tareas rutinarias de inspección y conservación del vehículo, tales como:

- Engrase general de la unidad.
- Revisión e incremento de fluidos hidráulicos y lubricantes.
- Limpieza y sopleteo de filtros de aire y combustible.
- Liberación de agua en el separador de combustible.
- Autodiagnóstico básico del tablero y reconocimiento de luces de advertencia.

- Revisión y cambio de faros y luces menores.
- Inspección y cambio de neumáticos.

Este programa permitió reducir el número de fallas menores, aumentar la disponibilidad operativa de las unidades y fortalecer la comunicación entre las áreas de operaciones y mantenimiento. Además, contribuirá al desarrollo de una cultura de responsabilidad compartida, en la que cada operador asuma un rol activo en la conservación del vehículo que opera.

4.2.1.2.2. Educación y entrenamiento

Dentro de este pilar se promueve la formación de líderes de grupo, designados de manera conjunta por las áreas de Operaciones y Mantenimiento, con el objetivo de reconocer, fortalecer y desarrollar sus capacidades técnicas y de liderazgo, convirtiéndolos en agentes de mejora continua dentro de la organización.

Para el Área de Operaciones

Se seleccionaron conductores líderes, quienes fueron enviados a un programa de capacitación especializado en Divemotor, orientado a reforzar sus competencias en los siguientes aspectos:

- Conducción segura y eficiente.
- Uso correcto del tablero de instrumentos y sistemas de advertencia.
- Revisión técnica de equipos SITRAK C7H.
- Operación adecuada de las diferentes cajas de transmisión.
- Uso correcto del tacómetro y aplicación de cambios según tipo de terreno (ascenso, descenso y plano).

Cada participante fue evaluado en su desempeño práctico y teórico, garantizando que las nuevas habilidades adquiridas se apliquen de manera efectiva en sus labores diarias.

- El impacto esperado de esta formación se refleja en:
- Mejor cuidado de las unidades (tractos).
- Reducción del consumo de combustible.
- Disminución en la frecuencia de mantenimientos correctivos.
- Mayor vida útil de los componentes mecánicos y del sistema de transmisión.

Para el área de mantenimiento

Es esencial que el personal técnico cuente con una formación sólida y actualizada, dado que el incremento de sus capacidades resolutivas se refleja directamente en la mejora de la mantenibilidad de las unidades. Por ello, la educación técnica del personal se estableció como prioridad en esta primera etapa de fortalecimiento del área de mantenimiento.

Con este propósito, se elaboró un cronograma de capacitación técnica, basado en las fallas recurrentes detectadas y en la actualización tecnológica de los nuevos vehículos de procedencia extranjera.

Para garantizar la calidad de la instrucción, se gestionaron capacitaciones con las casas matrices:

- SINOTRUCK (China)
- WITHMORY (Perú)

Las cuales brindaron formación especializada en temas como:

- Lectura e interpretación de planos eléctricos.
- Uso correcto del escáner diagnóstico y manejo de sus diferentes módulos.
- Reconocimiento y diagnóstico de nuevos componentes de las versiones 2025 y futuras generaciones.
- Mantenimiento en sistemas Common Rail.
- Parámetros y desempeño del motor MC13.

- Diagnóstico de fallas electrónicas y mecánicas.
- Mantenimiento de sistemas de suspensión y control de módulos electrónicos.

Adicionalmente, se coordinó una capacitación técnica en lubricantes a través de nuestro proveedor SHELL, enfocada en el manejo adecuado de productos y el mantenimiento preventivo.

Los temas abordados fueron:

- Almacenamiento y manejo de lubricantes.
- Principios de mantenimiento preventivo.
- Técnicas de extracción de muestras de aceite.
- Interpretación de resultados de análisis de aceite.
- Aceites de motor (SHELL RIMULA).
- Aceites de caja de transmisión y diferenciales (SHELL SPIRAX).
- Aceites hidráulicos (SHELL TELLUS).
- Grasas automotrices (SHELL GADUS).

De manera complementaria, el área de neumáticos junto a Pimentel brindó capacitaciones sobre:

- Reconocimiento de tipos de neumáticos y su aplicación según tipo de ruta.
- Procedimientos de mantenimiento, preservación y recauchado.
- Criterios de descarte y eliminación de neumáticos no aptos para uso operativo.

Estas acciones han permitido elevar el nivel técnico del personal de las áreas de Operaciones, Mantenimiento, Logística y Seguridad, incrementando su capacidad diagnóstica y fortaleciendo la cultura de mantenimiento preventivo.

De esta manera, la organización se alinea con los estándares de la propuesta híbrida TPM (Total Productive Maintenance) y RCM (Reliability-Centered Maintenance), consolidando un modelo integral de mejora continua.

Este proceso contribuye directamente a la consolidación de una cultura de mantenimiento y liderazgo operativos, pilares esenciales dentro de la implementación del sistema y el pilar de formación.

Tabla 5

Cronograma de capacitaciones

#	Capacitación (máximo 2 días)	Proveedor / Área	Duración	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Uso y manejo de vehículos SITRAK	WITHMORY (Perú)	2 días	■								
2	Pruebas en ruta + retarder/intarder	WITHMORY (Perú)	2 días		■							
3	Curva de eficiencia y consumo óptimo	WITHMORY (Perú)	1 día		■							
4	Sistemas eléctricos – Parte 1 (básico)	SINOTRUCK (China)	2 días			■						
5	Sistemas eléctricos – Parte 2 (avanzado)	SINOTRUCK (China)	2 días			■						
6	Lectura de planos eléctricos	SINOTRUCK (China)	2 días				■					
7	Diagnóstico de fallas eléctricas – Parte 1	SINOTRUCK (China)	2 días				■					
8	Diagnóstico de fallas eléctricas – Parte 2	SINOTRUCK (China)	2 días					■				
9	Sistemas neumáticos Mantenimiento	SINOTRUCK (China)	2 días					■				
10	vehículos alto tonelaje – Parte 1 Mantenimiento	SINOTRUCK (China)	2 días						■			
11	vehículos alto tonelaje – Parte 2	SINOTRUCK (China)	2 días						■			
12	Tipos de neumáticos y aplicación según ruta Mantenimiento,	Pimentel / Neumáticos	2 días	■								
13	preservación y recauchado	Pimentel / Neumáticos	2 días				■					
14	Criterios de descarte y eliminación	Pimentel / Neumáticos	1 día				■					
15	Identificación de riesgos y peligros	Seguridad (in house)	1 día	■								
16	Uso correcto de EPPs + inspección diaria	Seguridad (in house)	1 día		■							
17	Procedimientos ante inc	Seguridad (in house)	2 días			■						
18	Documentación fiscaliza	Seguridad (in house)	2 días							■		
19	Refuerzo anual obligatorio	Seguridad (in house)	1 día									■

Nota. Elaboración propia.

El cronograma organiza las sesiones de formación técnica del personal en TPM y RCM, estableciendo fechas, temas y responsables para fortalecer las competencias del equipo de mantenimiento.

4.2.1.2.3. Seguridad y medio ambiente

Al ser esta la primera etapa de implementación, este ítem resulta fundamental para el desarrollo de las siguientes fases, que implican un mayor uso de recursos y una mayor capacidad resolutive.

Por ello, dentro de los pilares de trabajo se adoptó la metodología de las 5S, base esencial para garantizar un entorno de trabajo seguro, ordenado y eficiente.

Las 5S comprenden: Seiri (Clasificación), Seiton (Orden), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Estandarización) y Shitsuke (Disciplina).

Seiri (Clasificación)

Se procedió a clasificar y separar los materiales y equipos útiles de los que no lo son, destinando los inservibles al desecho.

- La clasificación se realizó considerando:
- Tipo de residuo (orgánico, metálico, plástico, peligroso).
- Tipo de metal y su potencial de reciclaje.
- Grado de necesidad o posibilidad de recuperación de piezas canibalizadas.

Tabla 6*Cronograma de Implementación de Clasificación*

Semana	Actividad principal	Subactividad	Responsable	Resultado esperado
1	Diagnóstico inicial de áreas de trabajo	Identificación de materiales y repuestos almacenados	Supervisor de mantenimiento	Registro de inventario actualizado
2	Clasificación de elementos	Separación de materiales útiles, reciclables y desechables	Personal técnico y de almacén	Reducción de materiales obsoletos
3	Canibalización de piezas aprovechables	Evaluación de partes recuperables de unidades fuera de servicio	Técnico especialista	Reutilización de piezas funcionales
4	Disposición final de residuos	Envío de chatarra, residuos peligrosos y no peligrosos a disposición final	Área de seguridad y medio ambiente	Áreas limpias y libres de materiales inservibles

Nota. Elaboración propia.

La tabla programa las actividades de clasificación correspondientes a la primera S del pilar 5S, estableciendo plazos y responsables para su ejecución dentro del área de mantenimiento.

Seiton (Orden)

Concluida la clasificación, se llevó a cabo la organización de los elementos seleccionados: herramientas, maquinarias, repuestos, documentos técnicos, equipos estabilizadores y puntos de apoyo.

Esta acción permitió liberar espacios de trabajo, mejorando las condiciones para maniobrar, reparar o inspeccionar las unidades en entornos amplios, limpios y seguros.

Tabla 7*Cronograma de Implementación de Orden*

Semana	Actividad principal	Subactividad	Responsable	Resultado esperado
1	Revisión de áreas clasificadas	Verificación del estado post-Seiri	Supervisor de operaciones	Validación de áreas listas para ordenamiento
2	Diseño de layout y señalización	Creación de mapa de ubicación de herramientas y materiales	Área de mantenimiento	Espacios delimitados y señalizados
3	Implementación del sistema de orden	Colocación de estanterías, paneles de herramientas y etiquetas visuales	Personal técnico	Reducción del tiempo de búsqueda de elementos
4	Capacitación interna	Instrucción sobre el uso y mantenimiento del orden establecido	Área de seguridad y mantenimiento	Adopción del hábito de orden diario

Nota. Elaboración propia.

Se establece el calendario de actividades para implementar la segunda S del programa 5S, organizando espacios y herramientas del área de mantenimiento de manera sistemática y eficiente.

Seiso (Limpieza):

Posteriormente, se realizó una limpieza profunda de las áreas de trabajo, piezas y componentes móviles. Para mantener el orden, se implementaron:

Tabla 8*Cronograma de Implementación de Limpieza*

Semana	Actividad principal	Subactividad	Responsable	Resultado esperado
1	Limpieza profunda inicial	Lavado y limpieza de pisos, paredes, equipos y herramientas	Personal de mantenimiento y limpieza	Áreas limpias y desinfectadas
2	Creación de puntos ecológicos	Instalación de tachos diferenciados, contenedores de aceite y reciclaje	Área de medio ambiente	Sistema de segregación implementado

Semana	Actividad principal	Subactividad	Responsable	Resultado esperado
3	Limpieza de unidades post-viaje	Lavado obligatorio antes de ingreso a taller	Operaciones y mantenimiento	Reducción de contaminación en el área
4	Supervisión y control	Auditoría de limpieza y cumplimiento de rutinas	Supervisor de piso	Mantenimiento continuo de la limpieza

Nota. Elaboración propia.

La tabla programa las actividades de limpieza sistemática correspondientes a la tercera S, promoviendo el mantenimiento autónomo y la cultura preventiva entre el personal técnico de la empresa.

Asimismo, desde el área de Seguridad, se detectaron problemas de contaminación por polvo en zonas sin asfaltar. Para corregirlo:

- Se dispuso el regado periódico de las áreas.
- Se renovaron los EPPs deteriorados o fuera de norma.
- Se construyó un nuevo baño operativo, completamente equipado.
- Se pintaron y señalizaron las zonas de trabajo, rutas de evacuación y áreas restringidas.

Complementariamente, se reforzaron las capacitaciones de seguridad, abordando temas como:

- Identificación de riesgos y peligros.
- Procedimientos ante incidentes.
- Uso adecuado de EPPs.
- Documentación fiscalizable y cumplimiento normativo.

Finalmente, se designó un supervisor de piso en el área de mantenimiento, capacitado para responder ante cualquier eventualidad y garantizar la aplicación constante de las normas de seguridad y medio ambiente.

4.2.1.3. Selección del sistema – RCM

Usando la ISO 14224 se aplicará para la taxonomía del tracto SITRAK C7H, el cual se muestra en la parte de anexos de la cual podemos ver el sistema de frenos, dirección, hidráulica, de potencia y el sistema de motor. De esta clasificación tomaremos más énfasis en el sistema de potencia, exactamente en la transmisión.



Tabla 9

Taxonomía del tracto SITRAK C7H

Equipo	Sistema (System)	Componente (Subsystem / Component)	Parte (Part)	Código ISO 14224	
Tractocamión SITRAK C7H 480 HP	Sistema de motor y propulsión	Motor diésel MAN D26	Bloque motor	101.01.01	
			Cigüeñal	101.01.02	
			Culata y válvulas	101.01.03	
			Turbocompresor	101.01.04	
		Sistema de inyección (Common Rail)	Bomba de alta presión	101.02.01	
			Injectores	101.02.02	
			Riel común	101.02.03	
			Filtro de aire	101.03.01	
		Sistema de admisión y escape	Intercooler	101.03.02	
			Válvula EGR	101.03.03	
	Silenciador y SCR (AdBlue)		101.03.04		
	Sistema de refrigeración		Radiador principal	Radiador	102.01.01
		Bomba de agua		102.01.02	
		Termostato		102.01.03	
		Ventilador y viscoembrague		102.01.04	
		Sistema de alimentación de combustible		Tanque de combustible	Tanque principal
Bomba de transferencia					103.02.01
Tanque y sistema AdBlue (SCR)	Filtros de combustible (primario y secundario)		103.02.02		
	Tanque AdBlue		103.03.01		
	Bomba dosificadora AdBlue	103.03.02			

Equipo	Sistema (System)	Componente (Subsystem / Component)	Parte (Part)	Código ISO 14224
Tractocamión SITRAK C7H 480 HP	Sistema de transmisión	Caja de cambios ZF TraXon 12 velocidades	Caja principal	201.01.01
			Convertidor de par (retarder integrado)	201.01.02
		Eje cardán	Cardán principal	201.02.01
			Corona y piñón diferencial trasero	201.03.01
		Diferenciales y ejes motores MAN	Cubos reductores (hub reduction)	201.03.02
	Sistema de frenos		Compresor de aire	301.01.01
		Frenos de servicio (neumáticos)	Válvulas moduladoras ABS/EBS	301.01.02
			Cámaras de freno (delanteras y traseras)	301.01.03
		Freno motor + retarder hidráulico	Retarder ZF Intarder	301.02.01
	Sistema neumático		Secador de aire	302.01.01
		Circuito neumático completo	Válvula de protección cuádruple	302.01.02
			Tanques de aire	302.01.03
	Sistema eléctrico	Baterías y alternador	Baterías 24V	401.01.01
			Alternador	401.01.02
		Sistema de arranque	Motor de arranque	401.02.01
		Red eléctrica y multiplexado	Centralitas ECU y BCM	401.03.01
	Sistema de dirección		Bomba hidráulica de dirección	501.01.01
		Dirección hidráulica asistida	Caja de dirección	501.01.02
	Sistema de suspensión	Suspensión delantera	Ballestas o neumática delantera	601.01.01
			Suspensión neumática 8 bolsas	601.02.01
		Suspensión trasera	Amortiguadores	601.02.02

Equipo	Sistema (System)	Componente (Subsystem / Component)	Parte (Part)	Código ISO 14224
Tractocamión SITRAK C7H 480 HP	Llantas y ruedas	Conjunto rueda completa	Llanta 315/80R22.5 o 12R22.5	701.01.01
			Rin de acero o aluminio	701.01.02
	Sistema estructural (chasis y cabina)	Chasis y largueros	Largueros principales	801.01.01
		Cabina	Cabina basculante	801.02.01
		Quinta rueda (sistema de acoplamiento)	Quinta rueda JOST 3.5"	801.03.01
	Sistema de climatización	Aire acondicionado y calefacción	Compresor A/C	901.01.01
			Evaporador y condensador	901.01.02
			Calefactor Webasto (opcional)	901.02.01

Nota. Elaboración propia.

Se presenta la clasificación jerárquica de los sistemas y componentes del tracto SITRAK C7H, base fundamental para estructurar el análisis de modos y efectos de falla aplicado en RCM.

4.2.2. Fase 02: Implementación

4.2.2.1. TPM: Pilar 2,3,8

4.2.2.1.1. Mantenimiento planificado

Se estableció un plan de mantenimiento preventivo basado en condición, considerando que aproximadamente el 80% de la ruta es agreste, lo cual acelera el desgaste de los componentes y obliga a reducir los intervalos de servicio, incrementando así los costos anuales de mantenimiento. Además, al tratarse de vehículos de procedencia y diseño chino, su operación en condiciones locales exige un mayor cuidado y la aplicación de intervalos intermedios de mantenimiento, debido a que el combustible peruano presenta niveles altos de contaminación y menor calidad. Si no se realizan los cambios y controles adecuados, este combustible puede deteriorar prematuramente el motor y afectar su desempeño y vida útil.

Figura 9

Programa de mantenimiento preventivo de motor

ACTIVIDADES				MANTENIMIENTOS EXPRESADOS EN HORAS / MILES DE KILOMETROS															
				M	M1	M2	M1	M3	M1	M2	M1	M3	M1	M2	M1	M3			
	MANTENIMIENTO	Especificación	Descripción	250	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000	5,500	6,000			
I MOTOR																			
1	Filtro de aire Secundario		FILTRO		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
2	Filtro de aire Primario		FILTRO		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
3	Filtro aceite		FILTRO		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
4	Aceite motor (balde)	RUBIA TIR 8600	LUBRICANTE		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
5	Filtro combustible		FILTRO	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
6	Filtro separador de combustible (*)		FILTRO	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
8	Refrigerante (balde)		LUBRICANTE					C				C				C			
9	Termostato																		
10	Empaque de tapa de válvulas																		
11	Calibración valancines																		
12	Filtro de Urea		FILTRO			C		C		C		C		C		C			
II TRANSMISIÓN																			
1	Aceite caja de cambios (balde)	75W80 TOTAL	LUBRICANTE			C		C		C		C		C		C			
2	Aceite corona (del y post) (balde)	TRANSEC 5 85W140	LUBRICANTE			C		C		C		C		C		C			
3	Filtro de Retarder		FILTRO			C		C		C		C		C		C			
	Filtro de transmisión		FILTRO			C		C		C		C		C		C			
4	Líquido de freno (litro)		LUBRICANTE					C				C				C			
III CHASIS																			
1	Aceite dirección (litro)		LUBRICANTE			C		C		C		C				C			
2	Filtro dirección		FILTRO			C		C		C		C				C			
3	Filtro de secador de aire		FILTRO			C		C		C		C		C		C			
4	Filtro de cabina		FILTRO			C		C		C		C				C			
5	Grasa (Kg)		LUBRICANTE	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E			

Nota. Adaptado del Manual de usuario del vehículo SITRAK C7H

En la tabla anterior se observa que los intervalos de mantenimiento preventivo se programan cada 30 000 km luego del primer cambio de aceite. Además, y tras una

evaluación conjunta con la casa matriz, se estableció un mantenimiento intermedio a los 12 500 km, enfocado en el cambio del filtro de petróleo y el separador de agua. Estos componentes son esenciales para proteger el sistema de inyección y asegurar que el vehículo mantenga un desempeño óptimo en condiciones de operación exigentes.



Tabla 10

Nuevo programa de mantenimiento preventivo de motor

ACTIVIDADES			MANTENIMIENTOS EXPRESADOS EN HORAS / MILES DE KILOMETROS												
MANTENIMIENTO	Especificación	Descripción	M	M1	M2	M1	M3	M1	M2	M1	M3	M1	M2	M1	M3
			250	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000	5,500	6,000
			15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
I MOTOR															
1	Filtro de aire Secundario	FILTRO		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2	Filtro de aire Primario	FILTRO		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
3	Filtro aceite	FILTRO		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
4	Aceite motor (balde)	LUBRICANTE		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
5	Filtro combustible	FILTRO	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
6	Filtro separador de combustible (*)	FILTRO	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
8	Refrigerante (balde)	LUBRICANTE					C				C				C
9	Termostato														
10	Empaque de tapa de válvulas														
11	Calibración valancines														
12	Filtro de Urea	FILTRO			C		C		C		C		C		C
II TRANSMISIÓN															
1	Aceite caja de cambios (balde)	LUBRICANTE			C		C		C		C		C		C
2	Aceite corona (del y post) (balde)	LUBRICANTE			C		C		C		C				C
3	Filtro de Retarder	FILTRO			C		C		C		C		C		C
	Filtro de transmisión	FILTRO			C		C		C		C		C		C
4	Líquido de freno (litro)	LUBRICANTE					C				C				C

ACTIVIDADES			MANTENIMIENTOS EXPRESADOS EN HORAS / MILES DE KILOMETROS												
MANTENIMIENTO	Especificación	Descripción	M	M1	M2	M1	M3	M1	M2	M1	M3	M1	M2	M1	M3
			250	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000	5,500	6,000
			15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
III CHASIS															
1	Aceite dirección (litro)	LUBRICANTE			C		C		C		C				C
2	Filtro dirección	FILTRO			C		C		C		C				C
3	Filtro de secador de aire	FILTRO			C		C		C		C		C		C
4	Filtro de cabina	FILTRO			C		C		C		C				C
5	Grasa (Kg)	LUBRICANTE	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
INSPECCIONES															
A MOTOR															
1	Fuga de aceite		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
2	Fuga de combustible		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
3	Tanque de combustible						L				L				L
4	Sistema de alimentación de combustible						I				I				I
5	Bomba de inyección						I				I				I
6	Inyectores						I				I				I
7	Fuga de refrigerante		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
8	Tapa del tanque de tanque de expansión				I		I		I		I		I		I
9	Radiador			L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
10	Bomba de agua						I				I				I
11	Fajas				I		I		I		I		I		I
12	Compresor de aire				I		I		I		I		I		I
13	Compresión del motor														I
14	Turbo (ruido y vibración anormal)						I				I				I
15	Freno motor						I				I				I
16	Regulación de rpm		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Nota: Elaboración propia a partir del Manual de usuario del vehículo SITRAK C7H.

El programa actualizado incorpora las tareas propuestas por RCM, optimizando los intervalos de mantenimiento y reduciendo la probabilidad de fallas no planificadas en el motor.

4.2.2.1.2. Mantenimiento de calidad

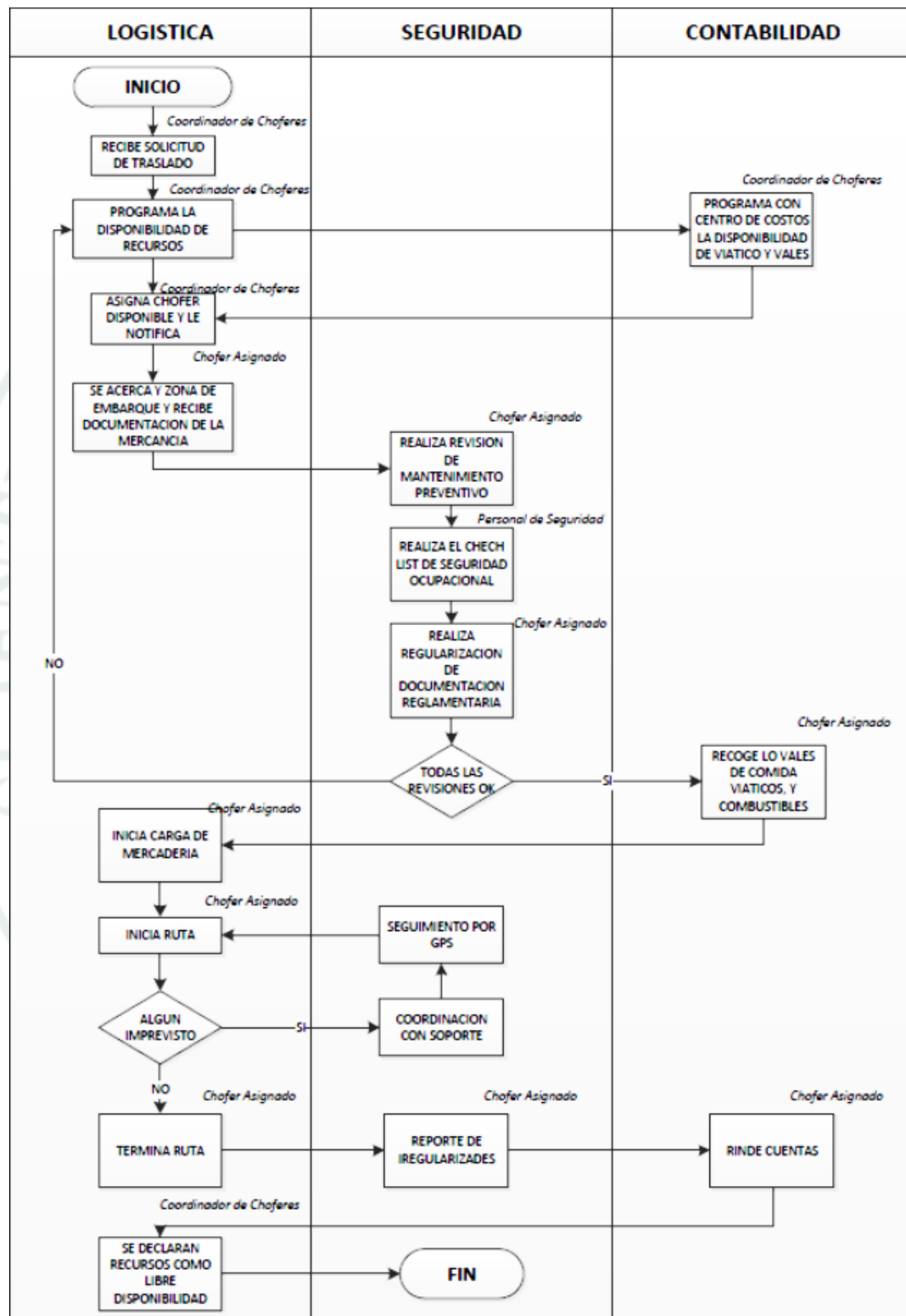
Como parte de este pilar, se propuso la implementación de indicadores de clase mundial, tales como MTBF, MTTR, Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad, con el fin de evaluar de manera precisa el desempeño de los equipos y la efectividad de la gestión de mantenimiento. Estos indicadores permiten tomar decisiones basadas en datos, identificar oportunidades de mejora y asegurar que las operaciones se mantengan alineadas con estándares internacionales.

4.2.2.1.3. Áreas administrativas

Para ello, se tomaron flujogramas detallados que permitan analizar cada uno de los procedimientos y visualizar el nivel de interacción e involucramiento entre las distintas áreas. Se otorgará especial énfasis al área de Logística y al área de Operaciones, debido a su alta incidencia en el desarrollo de las actividades, tanto en su rol de clientes internos como de proveedores internos, garantizando así una gestión integral, coordinada y eficiente dentro de la implementación del modelo híbrido TPM-RCM.

Figura 10

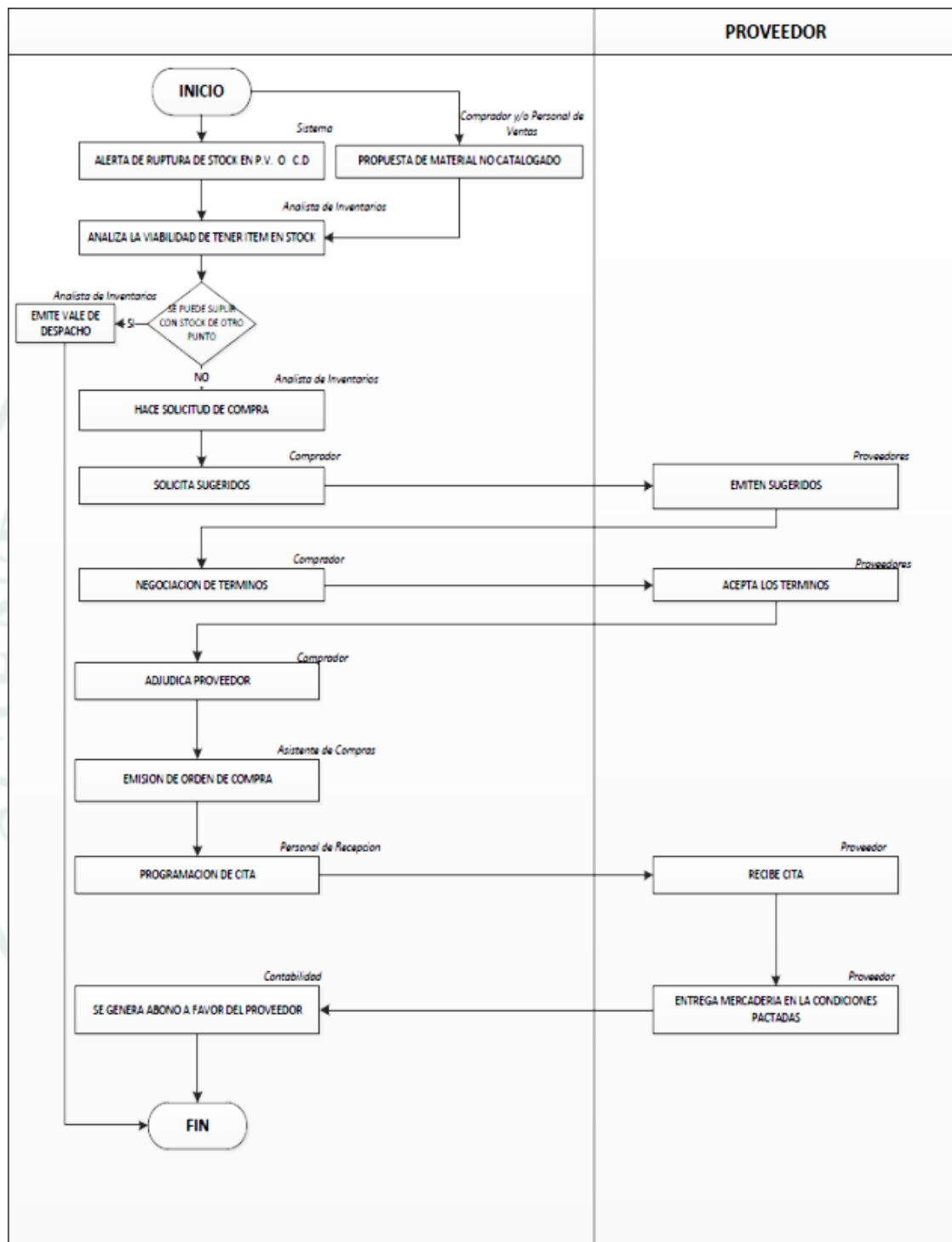
Diagrama para programación, despacho y recepción de unidades móviles.



Nota. Tomado de Procedimientos de R & J Interoceánica

Figura 11

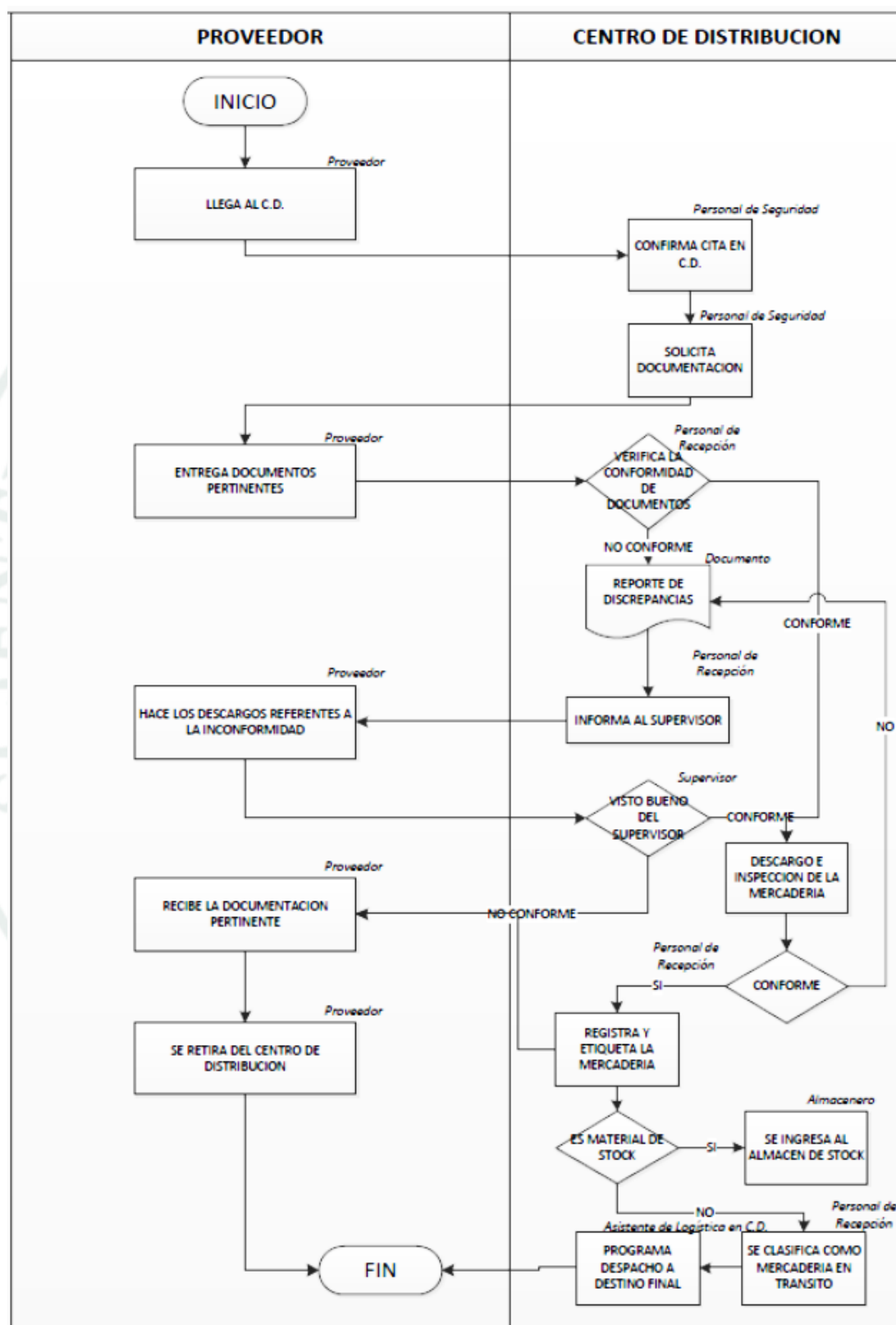
Diagrama de flujo para una Orden de Compra (Área Logística)



Nota. Tomado de Procedimientos de R & J Interoceánica

Figura 12

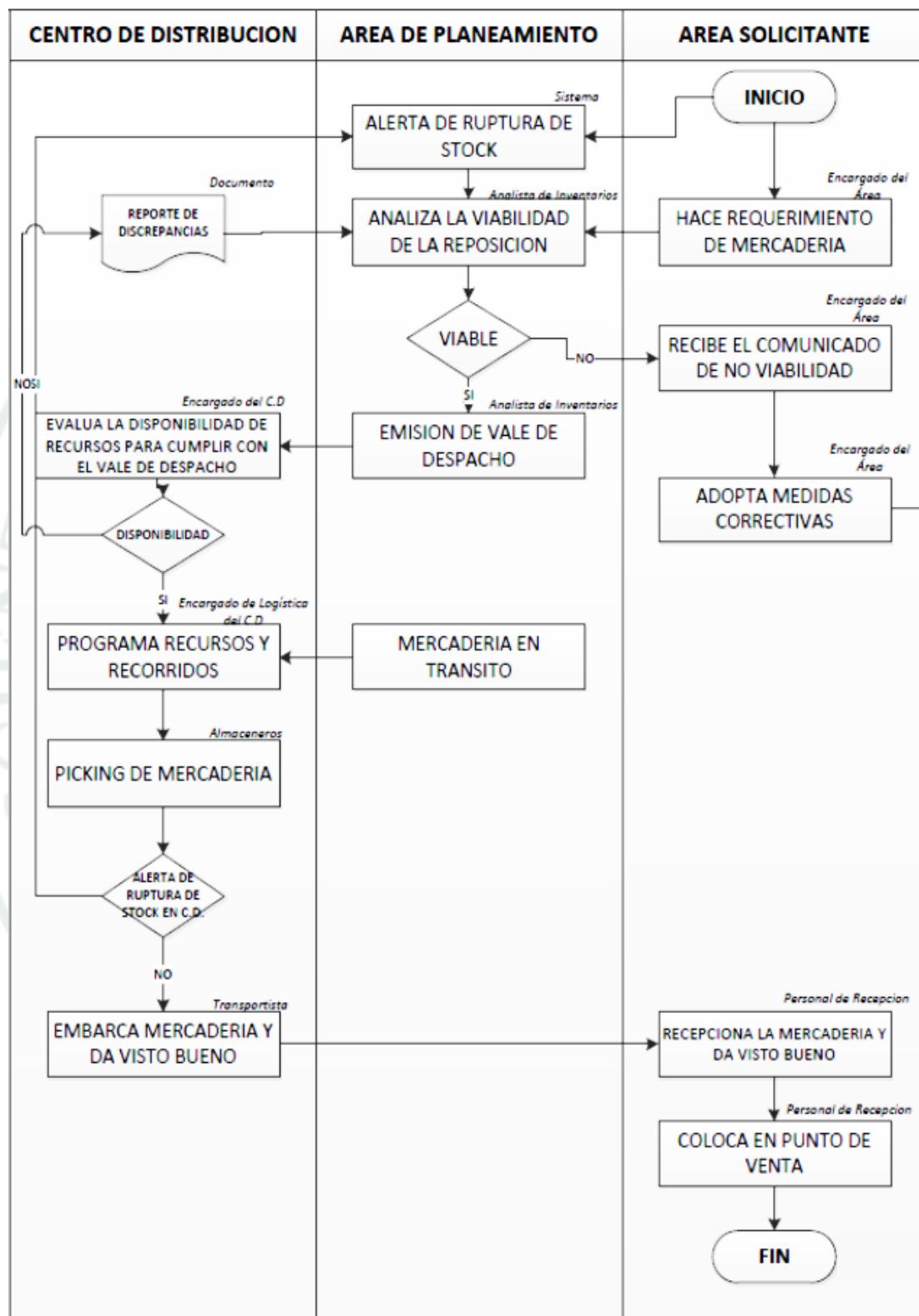
Diagrama de flujo recepción de Mercadería (Área Logística)



Nota. Tomado de Procedimientos de R & J Interoceánica

Figura 13

Diagrama de flujo para Despachos (Área Logística)



Nota. Tomado de Procedimientos de R & J Interoceánica

4.2.2.2. Análisis de fallas y funciones - RCM

En esta etapa se procedió a realizar un análisis detallado del sistema de potencia, aplicando los principios del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). La metodología exige identificar y documentar de manera estructurada la función principal del sistema, las fallas funcionales que pueden impedir el cumplimiento de dicha función, los modos de falla asociados a cada componente, y finalmente, los efectos y consecuencias que dichas fallas generan en la operación. Este proceso permite priorizar las acciones de mantenimiento según el nivel de criticidad, optimizando la confiabilidad del sistema y reduciendo los tiempos de inactividad no planificados.

Basado en el análisis de Pareto podemos determinar que el sistema más castigado es el sistema eléctrico, motor y neumático debido a la cantidad de reportes de falla en estos mismos. Por lo que se procedió a hacer el análisis de los 3 sistemas ya mencionados, véase el sistema de motor y neumático en los Anexos.

Tabla 11

Análisis de fallas y funciones en el sistema eléctrico - RCM

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (real y observable)	EFEECTO DE LA FALLA
1. Suministrar energía eléctrica confiable al vehículo (24 V nominal, ripple < 2 V, capacidad de arranque > 800 CCA)	A1. Incapacidad total para suministrar energía eléctrica (vehículo no arranca ni enciende nada) A2. Suministro parcial o inestable de energía (baja tensión, caídas intermitentes)	1. Baterías descargadas o con capacidad reducida 2. Bornes de batería corroídos o sueltos 3. Alternador no cargando (diodos abiertos o regulador fallado) 4. Cable de masa principal suelto o corroído 5. Fusible principal quemado o portafusible derretido 6. Baterías con cortocircuito interno (células en corto)	Sin energía → vehículo inmovilizado, riesgo de quedar varado en ruta, posible daño a componentes electrónicos sensibles (ECU, ABS, etc.)
2. Proporcionar iluminación exterior adecuada para circulación segura de noche y en malas condiciones climáticas	B1. Pérdida total de iluminación exterior B2. Iluminación parcial o insuficiente (luz baja, intermitentes o stops faltantes)	1. Faros delanteros principales con filamento quemado o lente roto 2. Faros neblineros quemados o conectores corroídos 3. Luces de posición / ruta laterales o superiores quemadas o sueltas 4. Luces direccionales con bombilla fundida o flasher defectuoso 5. Luces de freno (STOP) quemadas o con mala conexión 6. Conectores multipin de faros con pines oxidados o quemados 7. Faro completo suelto o mal asegurado (vibración lo desconecta)	Reducción grave de visibilidad y señalización → alto riesgo de accidente nocturno o en lluvia/niebla, posible multa o inmovilización del vehículo

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (real y observable)	EFECTO DE LA FALLA
3. Generar y transmitir señales audibles y de advertencia (claxon, retardador, testigos)	C1. Pérdida total de señales audibles/advertencia C2. Funcionamiento intermitente o falso positivo	1. Claxon sin corriente (relé quemado o botón pulsador roto) 2. Relé de claxon o retardador con bobina abierta 3. Testigo ABS permanentemente encendido (sensor o cableado roto) 4. Check engine (luz amarilla) encendido por falso contacto 5. Retardador se desactiva intermitentemente (relé o sensor de temperatura fallando) 6. Cableado del tablero con aislamiento derretido (olor a quemado)	Pérdida de advertencia audible → riesgo de colisión por no alertar a otros conductores/peatones. Falsos testigos → conductor ignora fallas reales o para innecesariamente
4. Alimentar y controlar los sistemas electrónicos de cabina (autoradio, USB, reloj, iluminación tablero, etc.)	D1. Pérdida total de funciones de confort en cabina D2. Funcionamiento errático o parcial	1. Autoradio sin alimentación o puerto USB quemado 2. Reloj de temperatura oscilando (sensor o conexión floja) 3. Luces de botones del tablero apagadas o parpadeando 4. Parlantes de cabina cortados o con masa deficiente 5. Cableado de cabina con aislamiento dañado (corte o roce) 6. Fusibles de accesorios quemados repetidamente	Pérdida de confort y comunicación → fatiga del conductor, menor concentración, dificultad para cargar dispositivos o escuchar radio base

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (real y observable)	EFEECTO DE LA FALLA
5. Proporcionar comunicación bidireccional vía radio base y accesorios	E1. Incapacidad total de transmitir o recibir E2. Recepción o transmisión intermitente	1. Radio base no enciende o no copia (alimentación o antena) 2. Antena coaxial con conector roto o cable cortado 3. Micrófono o PTT (push-to-talk) con cable roto 4. Radio base con fusible interno quemado	Pérdida total de comunicación con base/otros camiones → riesgo operativo y de seguridad en flota, especialmente en rutas largas o peligrosas

Nota. Elaboración propia.

La tabla identifica las funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos del sistema eléctrico, priorizando las intervenciones de mantenimiento según su impacto en la operatividad del equipo.

4.2.3. Fase 03: Ejecución

4.2.3.1. TPM: Pilares 4 y 5

4.2.3.1.1. Mejora focalizada

Basado en el análisis de fallas y funciones, se determinó la necesidad de centrar la mejora focalizada en el sistema eléctrico, considerando su impacto directo en la disponibilidad y confiabilidad de las unidades. Por ello, como parte de la estrategia de mejora enfocada previamente desarrollada en el análisis de fallas y funciones, se implementaron acciones específicas orientadas al cuidado, diagnóstico temprano y mantenimiento preventivo de este componente crítico, garantizando así una operación más eficiente y segura, así como la prolongación de la vida útil del sistema eléctrico.

4.2.3.1.2. Prevención del mantenimiento

Dentro de este pilar nos enfocamos en el sistema eléctrico de los tractos Sitrak, realizando rediseños orientados a mejorar su confiabilidad. Entre las acciones implementadas se encuentra el incremento del calibre del cableado original de fábrica, lo que permite prolongar el ciclo de vida de los conductores y reducir el riesgo de

sobrecalentamientos. Asimismo, se incorporó la aplicación de grasa dieléctrica en bornes y conectores, con el fin de aislarlos de la humedad y posibles filtraciones de agua, mejorando la protección del sistema eléctrico y asegurando un desempeño más estable y duradero.

4.2.3.2. Resultado – RCM

Dentro de la hoja de decisión nos arrego la evaluación, las tareas propuestas, la frecuencia inicial y los responsables a realizar, como se observa en la tabla inferior

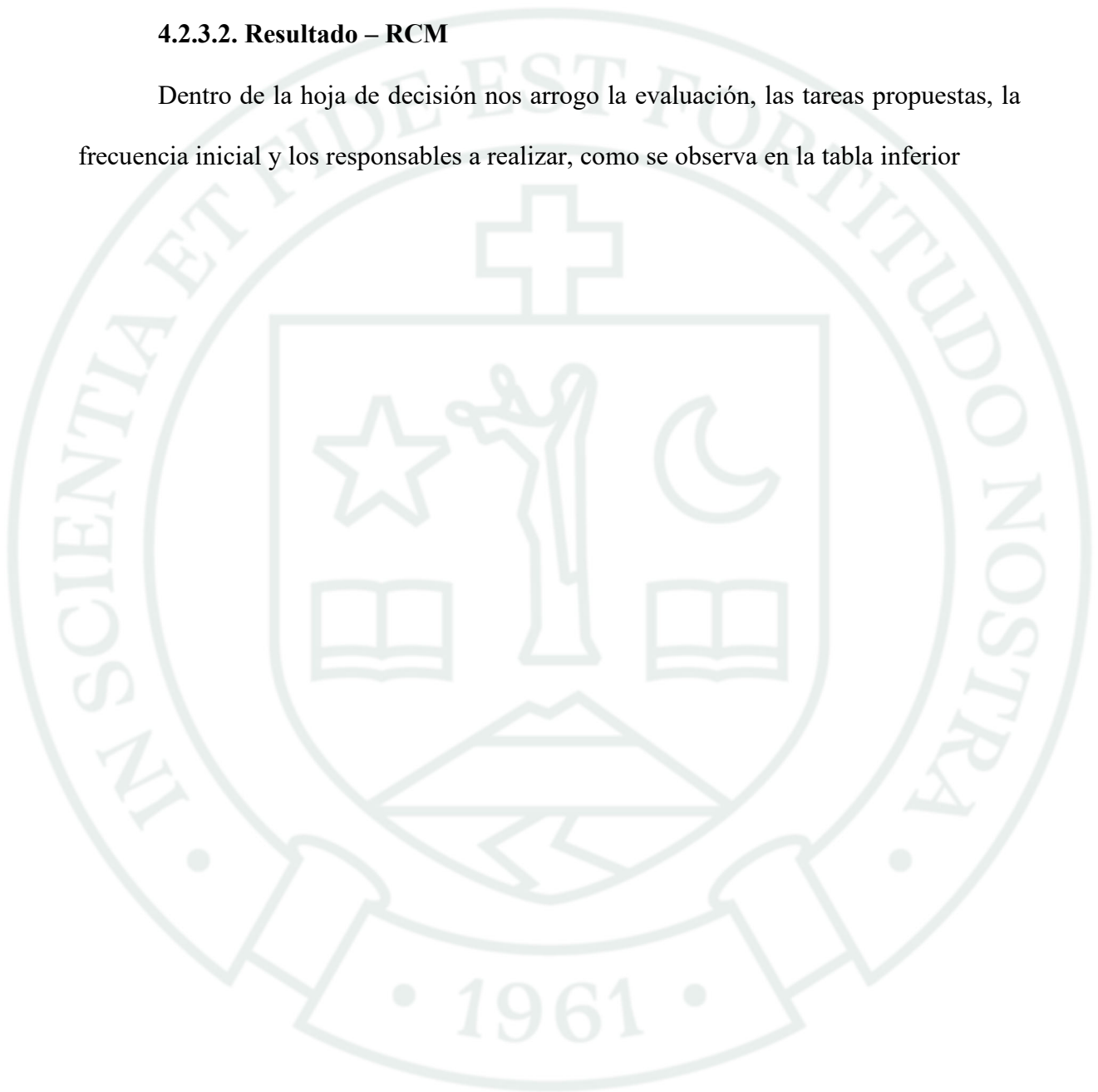


Tabla 12

Hoja de decisión del sistema eléctrico RCM

F	FF	MF	H (Oculta)	S (Seguridad)	E (Medio Amb.)	O (Operativo/ Producción)	H1 Seguridad Oculta	S1 Seguridad Evidente	O1 Operativo Oculta	N1 No Operativo	H2 etc. (simplificado)	Tareas "a falta de" (solo si aplica)	TAREAS PROPUESTAS (óptimas RCM)	FRECUENCIA A REALIZAR A INICIAL	POR
1	A1/A2	Todos los MF de batería/alternador/cables masa	N	S	N	S	-	S1	-	-	-	Corriente de arranque cada 6 meses	1. Inspección visual diaria pre-viaje (bornes, cables masa, nivel electrolito si aplica) + torque bornes 15 Nm 2. Medición de tensión en marcha (13.8-14.4 V) y ripple < 0.5 V con multímetro	Diaria (conductor) + Semanal (técnico)	Conductor + Técnico eléctrico
1	A1/A2	3. Alternador no cargando	N	S	N	S	-	S1	-	-	-	-	3. Monitoreo automático de voltaje por ECU + testigo de batería (ya existe en camión) – No requiere tarea adicional	Diaria al encender el camión	Diaria al encender el camión
2	B1/B2	1-7 Faros, direccionales, stops, neblineros, conectores	N	S	N	S	-	S1	-	-	-	Inspección visual luces	4. Inspección funcional completa de todas las luces exteriores (incluye faros altos/bajos, stops, direccionales, posición) en pre-viaje	Diaria al encender el camión	Conductor + Técnico eléctrico
2	B1/B2	01-07	N	S	N	S	-	S1	-	-	-	Limpieza de conectores	5. Limpieza y aplicación de grasa dieléctrica en todos los conectores multipin de faros delanteros y traseros	Cada 3 meses o 20 000 km	Técnico eléctrico
2	B1/B2	7. Faro suelto	N	S	N	S	-	S1	-	-	-	-	6. Verificación de torque de fijación de faros delanteros y traseros + soporte de bombona	Cada 3 meses o 20 000 km	Técnico mecánico

F	FF	MF	H (Oculta)	S (Seguridad)	E (Medio Amb.)	O (Operativo/ Producción)	H1 Seguridad Oculta	S1 Seguridad Evidente	O1 Operativo Oculta	N1 No Operativo	H2 etc. (simplificado)	Tareas "a falta de" (solo si aplica)	TAREAS PROPUESTAS (óptimas RCM)	FRECUENCIA A INICIAL	A REALIZAR POR
3	C1/C2	1-6 Claxon, retardador, testigos ABS/Check	N	S	N	S	-	S1	-	-	-	Prueba de claxon	7. Prueba funcional de claxon + retardador + revisión de testigos al encender contacto	Diaria pre-viaje	Conductor
3	C1/C2	3-5 Testigos ABS/reenvío/ retardador	N	S	N	S	-	S1	-	-	-	Escáner diagnóstico	8. Diagnóstico OBD/escáner de fallas ABS y motor (incluye reset si aplica)	Mensual o cada 10 000 km	Técnico electrónico
4	D1/D2	1-6 Autoradio, USB, reloj, luces tablero, parlantes	N	N	N	S	-	-	-	N1	-	Inspección visual cabina	9. Inspección visual y funcional de accesorios de confort cabina (radio, USB, luces botones)	Semanal	Conductor + Técnico
4	D1/D2	5. Cableado dañado/olor a quemado	N	S	N	S	-	S1	-	-	-	Inspección térmica	10. Inspección con cámara termográfica del mazo principal de cabina y tablero (buscar puntos calientes)	Cada 6 meses	Técnico eléctrico especializado
5	E1/E2	1-4 Radio base, antena, micrófono	N	S	N	S	-	S1	-	-	-	Prueba de radio	11. Prueba funcional diaria de radio base (transmisión/recepción) + verificación conexión antena coaxial	Diaria pre-viaje + Semanal	Conductor + Técnico comunicacione s

Nota: Elaboración propia

Se determinan las tareas de mantenimiento óptimas para el sistema eléctrico, especificando frecuencias y responsables según la lógica de decisión RCM aplicada a cada modo de falla identificado.

4.2.4. Fase 04: Estabilización

En esta última etapa se realiza el monitoreo integral de todas las fases anteriores, verificando su correcto funcionamiento y el cumplimiento de los objetivos establecidos bajo la metodología híbrida. De esta manera, se pretende establecer la implementación del modelo TPM–RCM, orientando los resultados hacia el logro de los indicadores de clase mundial. Como métrica principal se considera la disponibilidad, indicador central del RCM, que permite evaluar la eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad del sistema de mantenimiento implementado.

Con la Gerencia se estableció la realización de reuniones y auditorías internas trimestrales con el propósito de dar seguimiento a los indicadores de mantenimiento y evaluar el avance de la implementación del modelo híbrido TPM–RCM. Estas reuniones permiten analizar los resultados obtenidos, tomar decisiones correctivas o preventivas según sea necesario y asegurar la continuidad y efectividad del proceso de mejora continua dentro de la organización.

Esta fase se ejecutó formalmente desde agosto hasta diciembre de 2025 y continúa de forma indefinida como sistema estándar de gestión del mantenimiento de la empresa.

4.2.4.1. Consolidación de la calidad y cultura TPM

4.2.4.1.1. Creación del Comité permanente Directivo TPM-RCM

Integrado por Gerente General, Jefe de Operaciones, Jefe de Mantenimiento, Jefe de Seguridad y dos líderes de piso (uno de operaciones y uno de taller). Se reúne el primer miércoles de cada trimestre para revisar indicadores, aprobar kaizen y definir políticas.

4.2.4.1.2. Tablero de gestión visual y digital

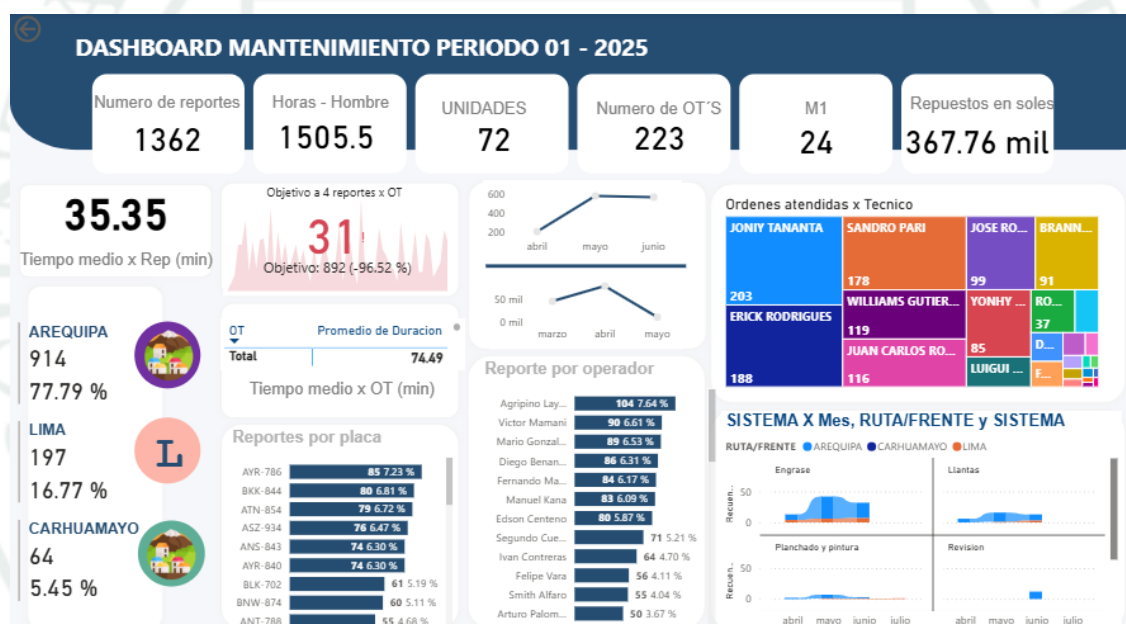
Se implementó un dashboard en Power BI que muestra en tiempo real:

- Numero de reportes
- HH

- Unidades
- Numero de OTs
- M1 cumplidos
- Acumulado de los repuestos en soles
- MTTR
- Objetivos trazables
- Técnicos con mayor carga laboral

Figura 14

Dashboard de Control Diario



Nota. Elaboración propia

El tablero de gestión visual integra los indicadores clave de mantenimiento en tiempo real, facilitando la toma de decisiones y el monitoreo continuo de la disponibilidad operativa de la flota.

4.2.4.1.3. Auditorías internas cruzadas trimestrales de calidad

- Auditoría 5S: Por encima del 94% de cumplimiento.
- Auditoría de mantenimiento: 100 % de los mantenimientos programados

- Auditoría de limpieza y etiquetado de herramientas y repuestos:
cumplimiento 100 %

4.2.4.2. Monitoreo continuo y Living RCM

4.2.4.2.1. Programa “Living RCM”

Se estableció la revisión anual completa del AMEF y la hoja de decisión RCM (primera revisión programada: enero 2026).

Adicionalmente, se definió que cualquier modo de falla que supere en un 20 % el RPN estimado o cuya frecuencia real sea superior al 10 % de la prevista desencadenará una revisión extraordinaria en un plazo máximo de 30 días.

4.2.4.2.2. Monitoreo de tareas RCM

Tabla 13

Indicadores de monitoreo

Indicador	Objetivo clase mundial	Promedio Abr-Sep 2025	Observación
Disponibilidad	$\geq 90 \%$	85.68%	Casi cumple
Confiabilidad	$\geq 60 \%$	51.75%	Casi cumple
Mantenibilidad	$\geq 16 \%$	16.28%	Cumple
MTBF	≥ 27	52.02 h	Cumple
MTTR	$\leq 6 \text{ h}$	6.26 h	Casi cumple

Nota. Elaboración propia

La tabla establece los KPIs de seguimiento del sistema TPM-RCM implementado, permitiendo evaluar continuamente el desempeño del mantenimiento y tomar decisiones correctivas oportunas.

4.2.4.3. Presupuesto de sostenibilidad

En diciembre 2025 se aprobó el presupuesto de mantenimiento 2026-2028 que garantiza:

- Capacitación anual: S/ 48,500
- Stock mínimo de repuestos críticos (según análisis RCM)
- Renovación de herramientas de diagnóstico

4.2.4.4. Escalabilidad

Una vez consolidada y estabilizada la implementación en la flota de tracto camiones SITRAK C7H de la base Arequipa (equipo crítico), se diseñó un plan estructurado de escalabilidad para replicar el modelo híbrido TPM-RCM al resto de activos y sedes operativas de R&J Interoceánica SAC.

Tabla 14

Mapa de escalabilidad

Etapas	Período	Activos / Base	Acciones principales	Responsable principal	Indicador de éxito esperado
1	Ene – Jun 2026	Bombonas (base Arequipa)	• Replicar análisis RCM • Capacitar 100 % operadores • Aplicar pilares TPM 1-5 • Análisis RCM enfocado en ejes, suspensión y sistema de acople	Jefe de Mantenimiento + Lider TPM	Disponibilidad $\geq$ 90 % Reducción MTTR $\geq$ 30 %
2	Jul – Dic 2026	Plataformas	• Implementar 5S • Programa kaizen específico para reducción de fallas • RCM simplificado (sistema eléctrico y frenos)	Jefe de Mantenimiento + Lider TPM	Disponibilidad $\geq$ 91 % 50 kaizen implementados
3	Ene – Jun 2027	Camionetas y vehículos livianos	• Mantenimiento autónomo • Integración al tablero de control central • Réplica completa del modelo Arequipa	Jefe de Mantenimiento + Lider TPM	Disponibilidad $\geq$ 94 % 100 % cumplimiento checklist diario
4	Jul – Dic 2027	Base Lima (todas las unidades)	• Formación de Comité TPM-RCM local • Transferencia de líderes capacitados • Última réplica del modelo	Lider TPM + Supervisor de sede	Disponibilidad promedio base Lima $\geq$ 90 % al cierre 2027
5	Ene – Dic 2028	Base Carhuamayo (tractos + bombonas)	• Auditoría corporativa final • Certificación interna “Flota Clase Mundial TPM-RCM”	Lider TPM + Supervisor de sede	Disponibilidad global empresa $\geq$ 92 % Ahorro anual proyectado $\geq$ S/ 1 200 000

Nota. Elaboración propia

Se presenta el plan de expansión del modelo TPM-RCM hacia otras áreas y equipos de la empresa, garantizando la sostenibilidad y adaptabilidad de la propuesta en el mediano plazo.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Comparación de Índices de Clase Mundial

Con la recopilación de la información y el cálculo correspondiente, se estableció un tiempo promedio de operación con el tracto según escáner de 27 horas por viaje para el análisis de confiabilidad, considerando que un tracto permanece encendido aproximadamente ese tiempo durante un recorrido promedio de cuatro días. Los datos utilizados para este análisis fueron obtenidos en el periodo comprendido entre abril y septiembre, permitiendo una evaluación representativa del desempeño real de las unidades dentro de las condiciones operativas habituales.

Tabla 15

KPIs de clase mundial

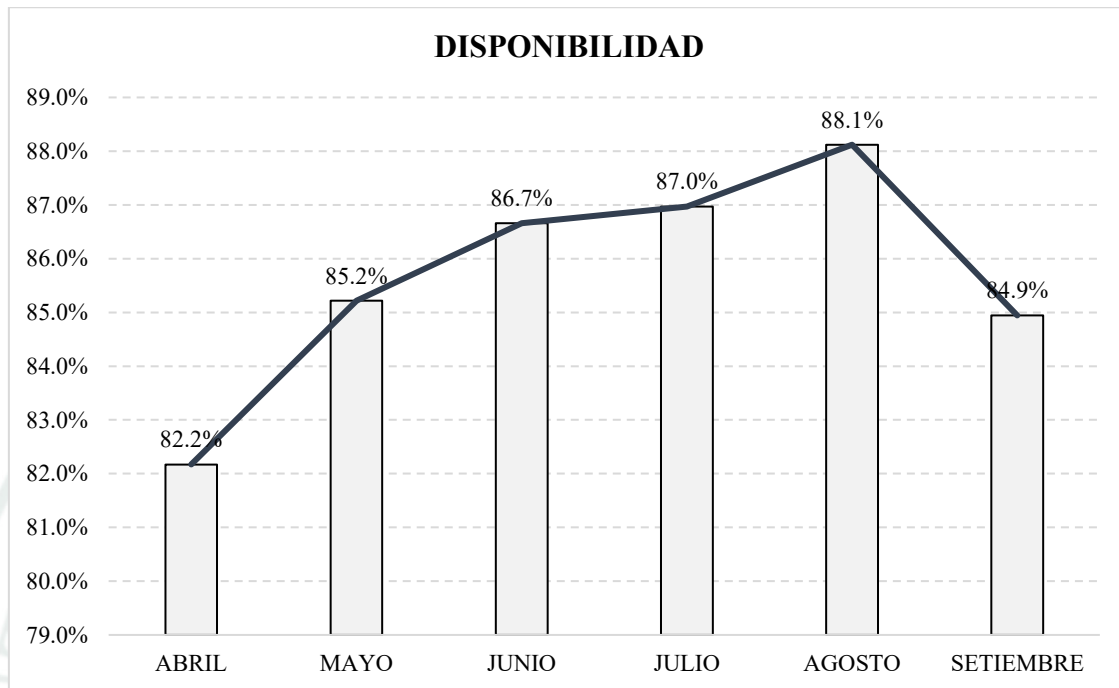
MESES	Disponibilidad	Confiabilidad	Mantenibilidad	MTBF	MTTR
ABRIL	82.2%	37.2%	16.1%	25.67	5.55
MAYO	85.2%	48.3%	28.3%	47.61	5.52
JUNIO	86.7%	54.6%	14.6%	53.33	6.18
JULIO	87.0%	54.3%	14.8%	53.31	5.95
AGOSTO	88.1%	61.9%	9.4%	68.95	7.36
SEPTIEMBRE	84.9%	54.2%	14.5%	63.60	7.00

Nota. Elaboración propia.

Los resultados se medirán mediante KPI de clase mundial, los cuales permitirán evaluar de forma directa la evolución y el desempeño de la gestión implementada bajo la metodología híbrida TPM–RCM. Estos indicadores funcionarán como herramientas clave para valorar la efectividad de las estrategias aplicadas, identificar oportunidades de mejora continua y asegurar que los objetivos de mantenimiento, productividad y confiabilidad operativa se cumplan conforme a los estándares internacionales de excelencia industrial.

Figura 15

Gráfico de la disponibilidad de la flota vehicular



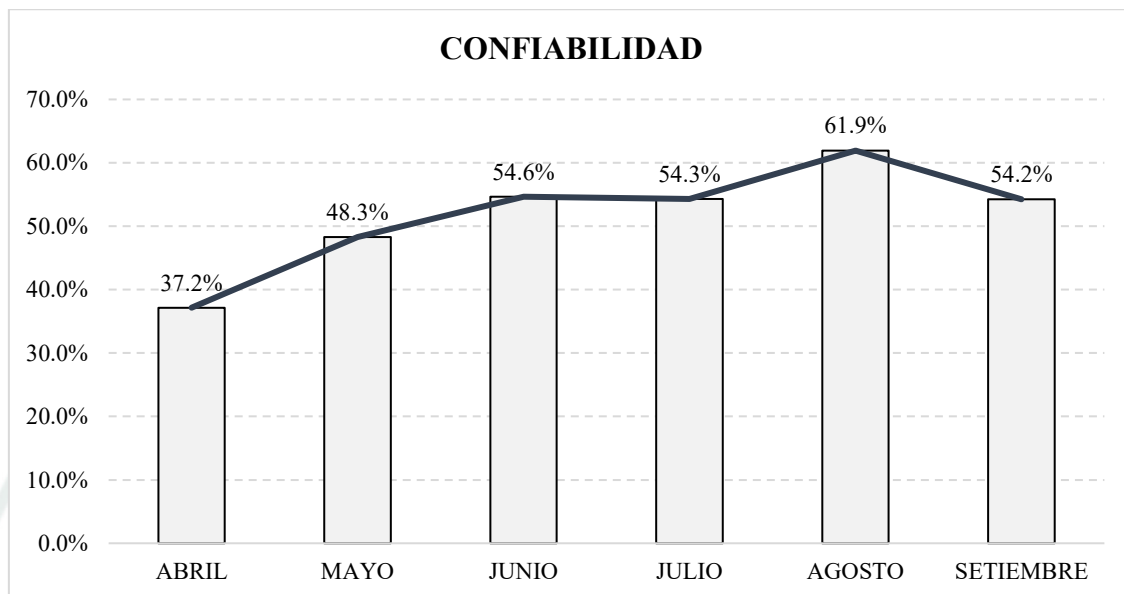
Nota. Elaboración propia.

Al iniciar la implementación de las metodologías TPM y RCM, se observa en el mes de abril una disponibilidad inicial del 82.2%. A partir de ese punto, se evidencia una tendencia de mejora continua, alcanzando 85.2% en mayo, 86.7% en junio y 87.0% en julio, hasta llegar a un máximo de 88.1% en agosto. Este incremento progresivo refleja los efectos positivos de las estrategias aplicadas. Sin embargo, en setiembre se registra una disminución de aproximadamente 4 puntos porcentuales, situándose en 84.9%, lo que sugiere la necesidad de revisar las causas que afectaron la estabilidad del proceso.

Identificación de Modos de Falla (AMEF y Pareto)

Figura 16

Gráfico de confiabilidad de la flota vehicular

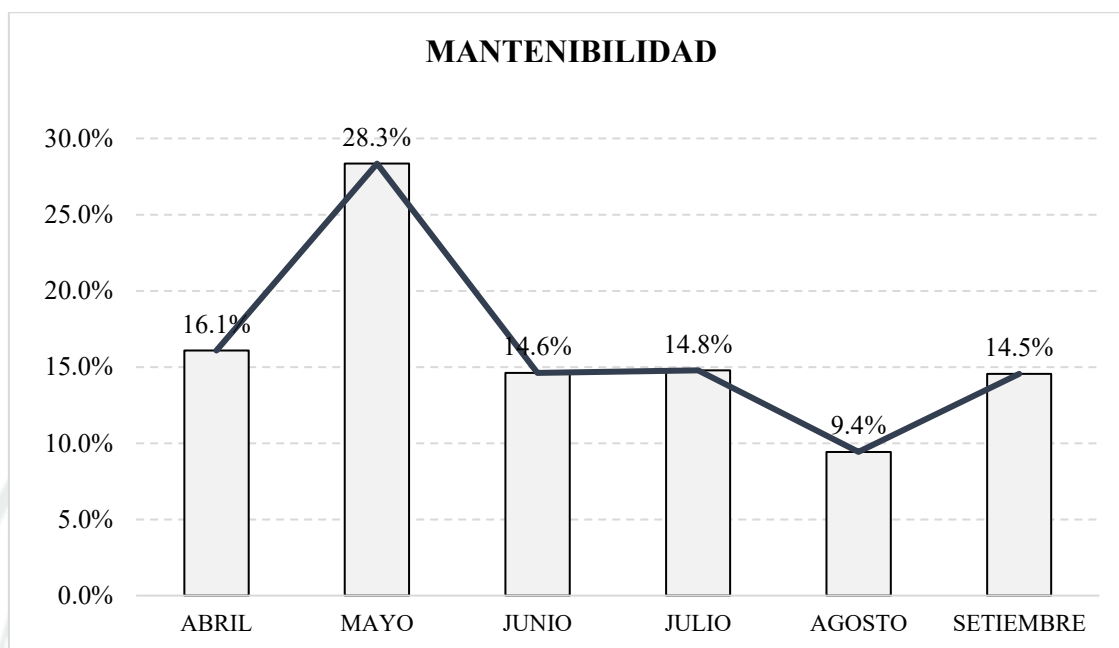


Nota. Elaboración propia.

En relación con la confiabilidad, se aprecia una tendencia positiva desde el inicio de la implementación de TPM y RCM. En abril, el indicador se sitúa en 37.2%, incrementándose de manera constante hasta alcanzar 48.3% en mayo y 54.6% en junio. Durante los meses de junio a julio, la confiabilidad se mantiene estable (54.6% y 54.3%, respectivamente), para luego alcanzar su valor máximo de 61.9% en agosto, reflejando una mejora significativa en la estabilidad y desempeño de los equipos. No obstante, en setiembre se observa una reducción a 54.2%, lo cual indica la necesidad de fortalecer las acciones de mantenimiento preventivo y control operativo para mantener los niveles alcanzados.

Figura 17

Gráfico de la mantenibilidad de la flota vehicular

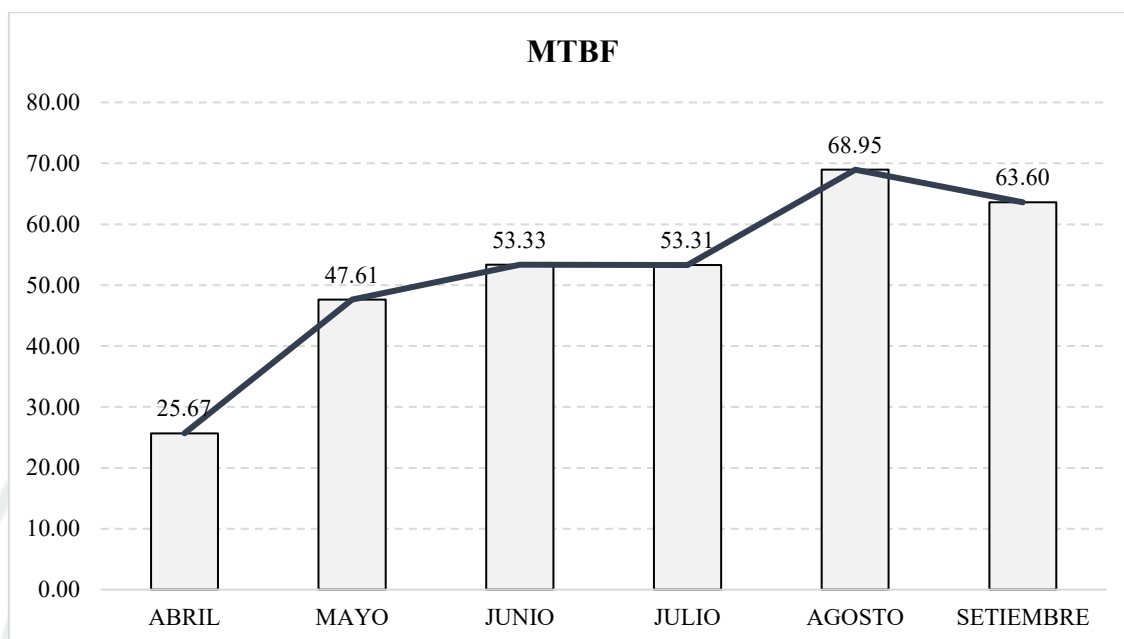


Nota. Elaboración propia.

Respecto a la mantenibilidad, se observa una variación significativa durante el periodo analizado. En abril, el indicador inicia con 16.1%, mostrando un aumento considerable en mayo (28.3%), lo cual se asocia a una mayor intervención correctiva y a la identificación de fallas durante las primeras fases de implementación del TPM y RCM. A partir de junio, el valor desciende a 14.6% y se mantiene estable en julio (14.8%), evidenciando una mejora en la eficiencia de los procesos de mantenimiento. En agosto, se alcanza el nivel más bajo con 9.4%, reflejando un incremento en la disponibilidad operativa de los equipos. Finalmente, en setiembre el indicador se mantiene en 14.5%, lo que sugiere la necesidad de consolidar las acciones que permitieron la reducción observada en el mes anterior.

Figura 18

Gráfico del MTBF de la flota vehicular

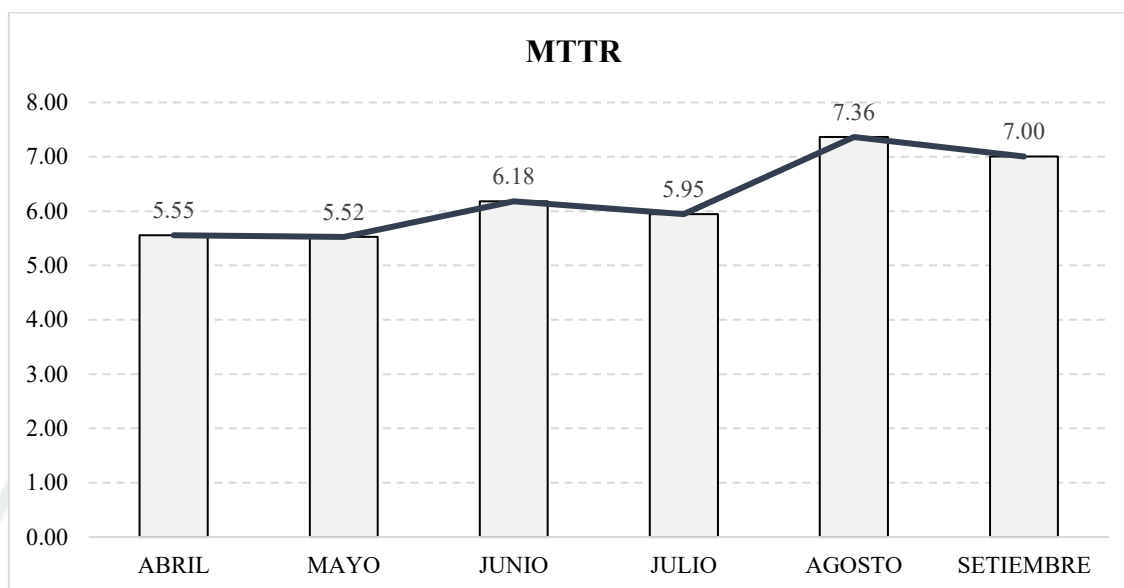


Nota. Elaboración propia.

En cuanto al indicador MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas), se evidencia una tendencia ascendente sostenida a lo largo del periodo analizado. En abril, el valor inicial es de 25.67 horas, incrementándose notablemente a 47.61 horas en mayo, lo que refleja una reducción en la frecuencia de fallas. Durante junio y julio, el MTBF se mantiene estable en torno a las 53 horas, consolidando la mejora obtenida. En agosto, se alcanza el valor máximo de 68.95 horas, indicando un desempeño óptimo de los equipos y una mayor efectividad en las estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo aplicadas. Finalmente, en setiembre, el indicador presenta una ligera disminución a 63.60 horas, manteniéndose sin embargo dentro de un rango alto, lo cual demuestra la sostenibilidad de la mejora operativa alcanzada mediante la implementación de TPM y RCM.

Figura 19

Gráfico del MTTR de la flota vehicular



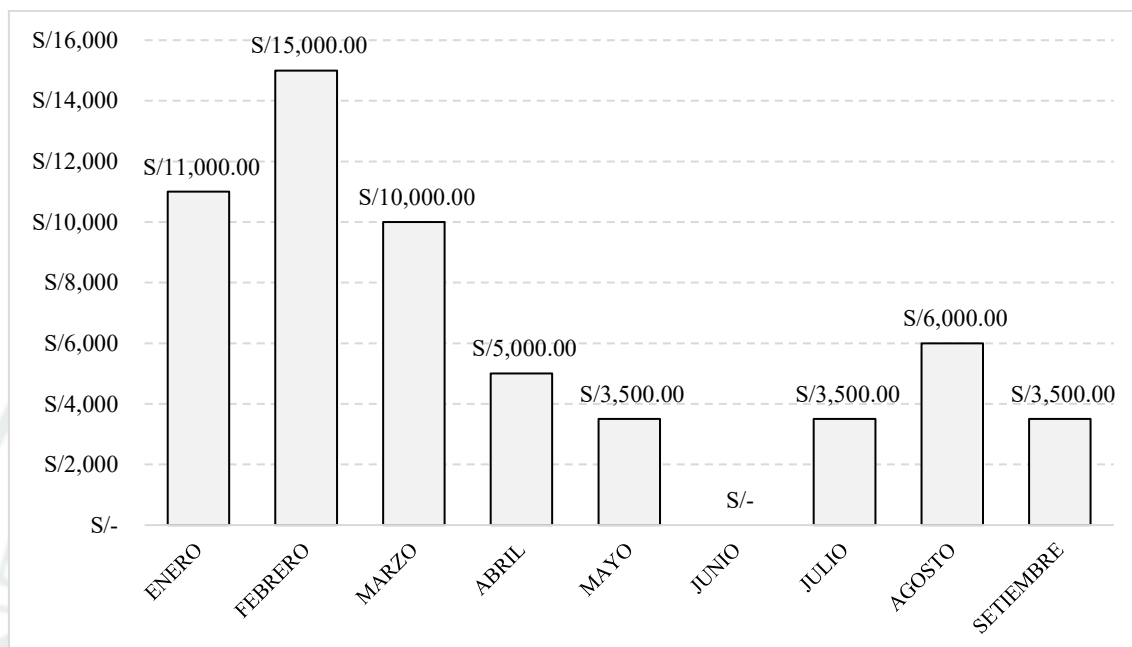
Nota. Elaboración propia.

El indicador MTTR (Tiempo Medio de Reparación) muestra una variación moderada a lo largo del periodo analizado. En abril, el valor inicial es de 5.55 horas, manteniéndose prácticamente constante en mayo (5.52 horas). A partir de junio, se observa un incremento a 6.18 horas, reflejando una mayor duración promedio de las reparaciones, aunque con una ligera mejora en julio (5.95 horas). En agosto, el MTTR alcanza su valor máximo de 7.36 horas, lo que sugiere posibles fallas de mayor complejidad o una reducción temporal en la eficiencia del proceso de mantenimiento. Finalmente, en setiembre, el tiempo promedio de reparación se mantiene en 7.00 horas, evidenciando la necesidad de reforzar los procedimientos de diagnóstico, disponibilidad de repuestos y capacitación técnica para optimizar los tiempos de intervención.

5.2. Impacto Económico

Figura 20

Pérdidas por viajes no realizados 2025



Nota. Elaboración propia.

Las pérdidas por fletes no realizados en la empresa sumaron 62 500 soles entre enero y octubre, un valor relativamente bajo que refleja una disponibilidad de flota alta. El 57,6 % de esa pérdida (36 000 soles) se concentró en los tres primeros meses del año con febrero como el peor (15 000 soles), claramente por rezagos operativos heredados del 2024. A partir de abril la situación cambió radicalmente: las pérdidas mensuales cayeron por debajo de los 6000 soles y en junio se alcanzó el nivel óptimo absoluto de 0 soles, es decir, ningún camión parado por falta de repuestos o mantenimiento durante todo el mes. Desde mayo hasta octubre el promedio mensual fue de apenas 3571 soles, con junio como el único mes perfecto y el resto oscilando entre 3500 y 6000 soles, cifras óptimas para una operación de transporte.

Tabla 16*Costo en repuestos 2024 - 2025*

Mes	2024	2025	Diferencia absoluta	Variación % (2025 vs 2024)
Enero	43 000	54 000	+11 000	+25,6%
Febrero	58 000	43 000	-15 000	-25,9%
Marzo	46 000	19 000	-27 000	-58,7%
Abril	89 000	28 000	-61 000	-68,5%
Mayo	98 000	53 000	-45 000	-45,9%
Junio	105 000	44 000	-61 000	-58,1%
Julio	47 000	72 000	+25 000	+53,2%
Agosto	129 000	89 000	-40 000	-31,0%
Septiembre	53 000	60 000	+7 000	+13,2%
Octubre	81 000	67 000	-14 000	-17,3%
Noviembre	63 000	(en proceso)	—	—
Diciembre	66 000	(en proceso)	—	—
Total anual (hasta oct.)	772 000	529 000	-243 000	-31,5%
Total anual completo 2025	878 000	(proyectado)	—	—

Nota. Elaboración propia.

En 2024 el gasto total en repuestos alcanzó los 878.000, con un promedio mensual de 73.167 y picos muy marcados en junio (105.000) y especialmente agosto (129.000). En contraste, hasta octubre de 2025 el gasto acumulado es de solo 529.000, lo que representa una reducción del 31,5 % respecto al mismo período del año anterior (772.000 en 2024 hasta octubre). El promedio mensual de 2025 hasta el momento es de 52.900, un 27,7 % menos que el promedio completo de 2024.

El primer semestre de 2025 muestra la mayor eficiencia: el gasto promedio de enero a junio cayó de 73.167 en 2024 a solo 41.167 en 2025 (-43,7 %). Los meses más destacados por su ahorro fueron marzo (-58,7 %), abril (-68,5 %) y junio (-58,1 %). A partir de julio se observa un repunte lógico y controlado: julio subió un 53,2 % respecto al año anterior (de 47.000 a 72.000), seguido de agosto (89.000, aún 31 % por debajo de los 129.000 de 2024), septiembre (+13,2 %) y octubre (-17,3 %). Este incremento en la

segunda mitad del año es normal (mayor operación, campañas de mantenimiento, etc.), pero se mantiene claramente por debajo de los niveles 2024.

En términos absolutos, hasta octubre 2025 se han ahorrado 243.000 en comparación con 2024. Proyectando noviembre y diciembre con el promedio de los últimos cuatro meses (julio–octubre ≈ 72.000 mensuales), el año 2025 cerraría alrededor de 673.000, lo que implicaría un ahorro anual aproximado de 205.000 (–23,4 %) respecto a los 878.000 de 2024. Incluso si noviembre y diciembre se comportaran como en 2024 (63.000 + 66.000), el ahorro superaría los 220.000. Todo ello basado en la inversión necesaria vista en la Tabla 3 (189 210 S/.) la cual se requiere para cumplir con lo propuesto.

Tabla 17

Inversión de proyecto

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos						
Ahorro en Mantenimiento	S/. 0	S/. 114,000	S/. 114,000	S/. 114,000	S/. 114,000	S/. 114,000
Total Ingresos	S/. 0	S/. 114,000	S/. 114,000	S/. 114,000	S/. 114,000	S/. 114,000
Costos anuales						
Licencia software	S/. 0	S/. 21,600	S/. 21,600	S/. 21,600	S/. 21,600	S/. 21,600
Ingresos netos (Ingresos – Costos)	S/. 0	S/. 92,400	S/. 92,400	S/. 92,400	S/. 92,400	S/. 92,400
Inversión						
Inversión inicial (capex, capacitación, implementación)	S/. 189,210	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0
Flujo del proyecto (Ingresos netos – Inversión)	S/. –189,210	S/. 92,400	S/. 92,400	S/. 92,400	S/. 92,400	S/. 92,400

Nota. Elaboración propia.

5.2.1. Valor actual neto (VAN)

$$VAN = -Inversión + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{Flujos\ netos}{(1+i)^t}$$

$$VAN = -189\,210 + \sum_{t=1}^5 \frac{92400}{(1+0.12)^t}$$

$$82,500.00+73,660.71+65,768.49+58,721.87+52,430.24 = 333,081.32$$

$$VAN = -189,210 + 333,081.32 = S/. 143,871.32$$

5.2.2. Beneficio costo (B/C):

$$\text{Valor presente de beneficio: } VPB = \sum_{t=1}^5 \frac{114000}{(1+0.12)^t} = 410\,457.12$$

$$\text{Valor presente de Costo: } VPC = \sum_{t=1}^5 \frac{57600}{(1+0.12)^t} = 207\,364.90$$

$$VPC=189,210+207,364.90=396,574.90$$

$$B/C = \frac{410457.12}{396,574.90} = 1.035\ S/$$

CONCLUSIONES

Primera: A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye que la aplicación conjunta de las metodologías TPM (Total Productive Maintenance) y RCM (Reliability-Centered Maintenance) incrementa significativamente la disponibilidad operativa de los equipos críticos en el área de mantenimiento de la empresa R&J Interoceánica S.A.C., en Arequipa durante el año 2025. La implementación integrada de ambas metodologías permitió establecer una gestión sistemática orientada a la reducción de tiempos de inactividad, la optimización de recursos y el fortalecimiento de la participación activa del personal técnico, en concordancia con la hipótesis general vinculada a la mejora continua y la eliminación de pérdidas productivas. Los resultados evidencian que la disponibilidad operativa mostró un crecimiento sostenido desde el mes de abril, registrando un incremento promedio mensual de 1,5 %, hasta alcanzar un valor máximo de 88,1 % en agosto. Asimismo, se observó una mejora significativa en la confiabilidad del sistema, reflejada en el incremento del MTBF (Mean Time Between Failures). De igual manera, el MTTR (Mean Time To Repair) presentó una reducción progresiva, coherente con el fortalecimiento de los procesos de gestión y planificación del mantenimiento.

Segunda: El diagnóstico de la situación actual revela deficiencias en la planificación, ejecución y control de tareas de mantenimiento, con un enfoque predominantemente reactivo que genera paradas no programadas y altos costos, confirmando la hipótesis específica sobre la ausencia de un sistema estructurado. Recaudando pérdidas de 236 250 S/ en el año 2024.

Tercera: La alta frecuencia de fallas en equipos como tractos, camionetas, bombonas y plataformas impacta negativamente la continuidad operativa, con causas raíz identificadas mediante herramientas como AMEF y diagramas de Pareto, validando la hipótesis de que esta problemática se debe a la falta de gestión estructurada bajo TPM y

RCM. Teniendo al sistema eléctrico y motor con la mayor cantidad de reportes por averías por sobre el 50%.

Cuarta: La propuesta de mejora basada en TPM y RCM fortalece los conocimientos técnicos del personal a través de capacitaciones y mantenimiento autónomo, contribuyendo significativamente al desarrollo de competencias, como postula la hipótesis específica, y alineándose con literatura que enfatiza la participación organizacional para lograr cero fallas.

Este estudio contribuye con un modelo integrado adaptable a otras empresas del sector transporte y minero en Perú, llenando vacíos en la aplicación práctica de TPM y RCM en contextos latinoamericanos, y destacando la relevancia de indicadores como MTBF y MTTR para la sostenibilidad operativa siendo ambos respaldados por la mantenibilidad.

Quinta: La implementación de los enfoques TPM y RCM presenta un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 143,871.32 para un horizonte de cinco años, así como una relación Beneficio/Costo (B/C) positiva de 1.036. Estos resultados evidencian la viabilidad económica del proyecto y respaldan la conveniencia de invertir en su ejecución en el mediano y largo plazo.

RECOMENDACIONES

Primera: Se recomienda que la empresa R&J Interoceánica S.A.C. implemente la metodología Kaizen entre sus colaboradores, promoviendo la participación continua en la identificación de mejoras y la optimización de los procedimientos de mantenimiento. Asimismo, se sugiere establecer un sistema de reconocimiento o incentivos para las propuestas más relevantes, tanto en la gestión de activos tangibles como intangibles.

Segunda: Se sugiere realizar estudios adicionales en contextos similares del sector transporte y minero en Perú, explorando la integración de TPM y RCM con tecnologías emergentes como IoT para monitoreo predictivo, a fin de llenar vacíos identificados en la literatura latinoamericana sobre aplicaciones prácticas en entornos con obsolescencia de maquinaria, permitiendo una profundización en temas no cubiertos en esta investigación, como el impacto en la cadena de suministro completa.

Tercera: Para futuras investigaciones, se aconseja agregar factores externos como condiciones climáticas o cambios normativos que fueron limitados en este estudio debido al período restringido a 2025, lo que mejoraría la validez y generalización de los resultados en cuanto a indicadores como MTBF y MTTR.

Cuarta: Se recomienda realizar un benchmarking con empresas del mismo sector, a fin de comparar la curva de implementación y aprendizaje del sistema, lo que permitirá identificar brechas, oportunidades de mejora y estimar el tiempo necesario para su consolidación en el mediano plazo.

REFERENCIAS

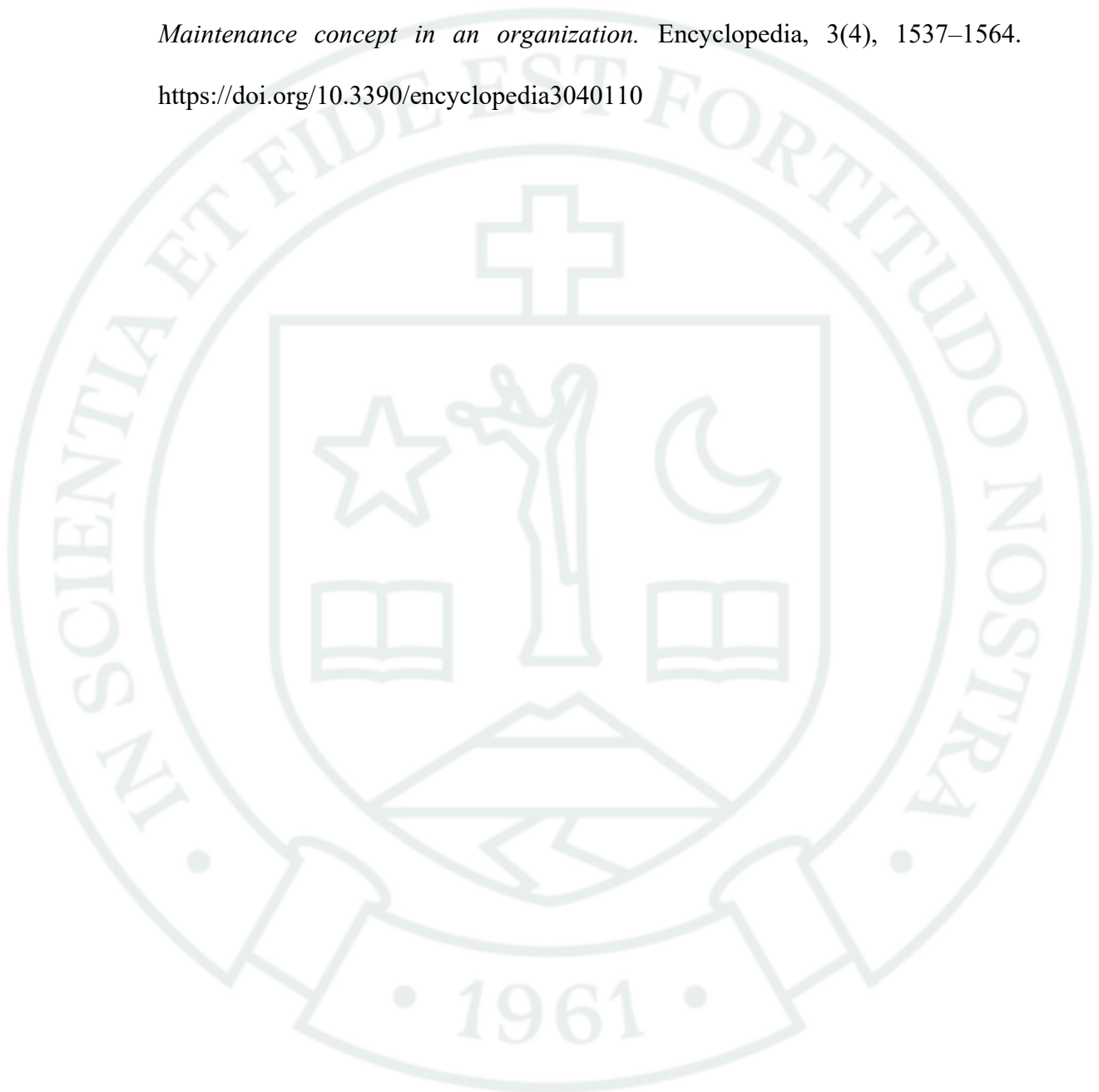
- Blanchard, B. S., Verma, D. C., & Peterson, E. L. (1995). *Mantenibilidad: Clave para una gestión eficaz del servicio y el mantenimiento*. John Wiley & Sons.
- Business Insider. (2025). *Cómo la IA y la robótica pueden ayudar a prevenir averías en fábricas y ahorrar grandes cantidades de dinero a los fabricantes*.
<https://www.businessinsider.com/artificial-intelligence-robotics-predictive-maintenance-manufacturing-factory-solutions-2025-5>
- Ebeling, C. E. (2019). *Introducción a la ingeniería de confiabilidad y mantenibilidad* (3.^a ed.). Waveland Press.
- Future Market Insights. (2025). *Perspectivas del mercado de equipos de construcción en América Latina (2025 a 2035)*.
<https://www.futuremarketinsights.com/reports/latin-america-construction-equipment-market>
- Ginder, et al. (2020). *Implementación de TPM: La experiencia norteamericana*. Andrew Ginder.
- Gitnux. (2024). Estadísticas de paradas en manufactura.
<https://gitnux.org/manufacturing-downtime-statistics/>
- Grand View Research. (2024). *Informe del mercado de equipos pesados de construcción en América Latina*. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/latin-america-heavy-construction-equipment-market-report>
- International Electrotechnical Commission (IEC). (2015). *IEC 60050-192:2015 Vocabulario electrotécnico internacional – Parte 192: Confiabilidad*. IEC.
- Lozada, et al. (2021). *Plan de mantenimiento basado en TPM para maquinaria de recuperación de turbinas*. Journal of Physics: Conference Series, 1878, 012034.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1878/1/012034>

- Meca, J., & Camello, C. (2020). *Total productive maintenance and the impact of each implemented pillar in the overall equipment effectiveness*. International Journal of Engineering and Management Research, 10(2), 142–147. <https://doi.org/10.31033/ijemr.10.2.17>
- Mendes, et al. (2023). *Integrating TPM and Industry 4.0 to increase the availability of industrial assets: A case study on a conveyor belt*. Processes, 11(7), 1956. <https://doi.org/10.3390/pr11071956>
- Mohan, et al. (2021). *Enfoque de mantenimiento productivo total basado en aprendizaje automático inteligente para lograr cero paradas en maquinaria industrial*.
- Moscoso, C., Fernandez, A., Viacava, G., & Raymundo, C. (2020). Modelo integral de gestión de mantenimiento basado en los principios TPM y RCM para incrementar la disponibilidad de máquinas en una empresa manufacturera. En F. Quezada, J. F. Guerrero, & R. A. Valencia (Eds.), *Interacción humana y tecnologías emergentes* (pp. 878–884). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25629-6_137
- Munive, D. D., & Ruiz, G. M. (2022). *Modelo de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de máquinas CNC, mediante herramientas Lean y TPM, en pymes del sector metalmecánico* [Tesis de licenciatura, Universidad de Lima]. Repositorio Institucional de la Universidad de Lima. <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/18109>
- O'Connor, P. D. T., & Kleyner, A. (2012). *Ingeniería práctica de confiabilidad* (5.ª ed.). John Wiley & Sons.
- Palomino, et al. (2020). *Modelo de gestión de mantenimiento TPM enfocado en confiabilidad que permite incrementar la disponibilidad de equipos pesados en el sector construcción*. Repositorio UPC.

- Pratama, et al. (2024). *Análisis del mantenimiento de máquinas con el método Reliability Centered Maintenance (RCM) aplicado a la máquina over wrapping E3060 línea 1. Pelitabangsa.*
- Priyanta, et al. (2020). *Implementation of reliability centered maintenance method for the main engine of Tugboat X to select the maintenance task and schedule.* International Journal of Marine Engineering Innovation and Research, 5(2), 102–110. https://iptek.its.ac.id/index.php/ijmeir/article/view/7031/pdf_9
- Rathi, S., & Kumar, M. (2023). *Implementation of total productive maintenance to improve productivity of rolling mill.* Indian Journal of Engineering & Materials Sciences, 30, 882–890. <https://doi.org/10.56042/ijems.v30i6.3158>
- Shannon, et al. (2023). *A total productive maintenance & reliability framework for an active pharmaceutical ingredient plant utilising design for Lean Six Sigma.* Heliyon, 9(10), e20516. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20516>
- Sivasankaran, P., & Panneerselvam, S. (2022). *Total productive maintenance in lab set up of educational system – Case study.* International Scientific Journal about Technologies, 8(1), 13–22. https://actatecnologia.eu/issues/2022/I_2022_03_Sivasankaran.pdf
- Sueyaparakash, et al. (2021). *Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using TPM.* Materials Today: Proceedings, 46(19), 9348–9353. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.820>
- Supriyati,A.& Ngudi,L. (2023). *Monitoring performance of two-wheeled automotive component painting service companies through the implementation of TPM.* Journal of applied research on industrial engineering, 10(4), 637-653. <https://doi.org/10.22105/jarie.2023.382641.1522>
- Susuki,T.(2017). *TPM en industrias de proceso.* Taylor & Francis.

Vidaurre, et al. (2022). *Analysis of the AgilePM-S methodology: A proposal for the agile management of software projects*. RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, 148–160.

Wolska, et al. (2023). *Implementation and improvement of the Total Productive Maintenance concept in an organization*. Encyclopedia, 3(4), 1537–1564.
<https://doi.org/10.3390/encyclopedia3040110>



ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

Problema	Hipótesis	Objetivo	Metodología	Variables
Problema general:	Hipótesis general:	Objetivo general:		
¿De qué manera la aplicación de las metodologías tpm y rcm permitirá incrementar la disponibilidad operativa de los equipos del área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEANICA SAC Arequipa 2025?	La aplicación conjunta de las metodologías TPM y RCM permitirá incrementar significativamente la disponibilidad operativa de los equipos del área de mantenimiento en la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa, 2025.	Determinar cómo la aplicación de las metodologías TPM y RCM permitirán incrementar la disponibilidad operativa de los equipos del área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEANICA SAC Arequipa 2025.		
Problemas específicos:	Hipótesis específicas:	Objetivos específicos:	Diseño: Pre experimental Tipo: Aplicada	Variable dependiente: Incrementar la disponibilidad operativa Variable independiente: Aplicación de TPM y RCM
¿Cuál es la situación actual de la planificación, ejecución y control de las tareas de mantenimiento en el área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC en el año 2025?	La planificación, ejecución y control de las tareas de mantenimiento en el área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC en el año 2025 presentan deficiencias significativas debido a la ausencia de un sistema estructurado y sostenible de gestión del mantenimiento.	Diagnosticar la situación actual de las tareas de mantenimiento en el área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025		

Problemas específicos:	Hipótesis específicas:	Objetivos específicos:
¿Cuál es el nivel de frecuencia de fallas en los equipos del área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025, y cómo impacta en la continuidad operativa? ¿De qué manera una propuesta de mejora basada en TPM y RCM puede contribuir al fortalecimiento de los conocimientos técnicos del personal de mantenimiento en la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025? ¿Qué efecto tiene la implementación de las metodologías TPM y RCM en la reducción de los gastos operativos por mantenimiento correctivo en la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025?	La alta frecuencia de fallas en los equipos del área de mantenimiento afecta significativamente la continuidad operativa debido a la ausencia de una gestión estructurada mediante las metodologías TPM y RCM de la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025. La propuesta de mejora basada en las metodologías TPM y RCM contribuye significativamente al fortalecimiento de los conocimientos técnicos del personal del área de mantenimiento en la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025. La implementación de las metodologías TPM y RCM reduce significativamente los gastos operativos asociados al mantenimiento correctivo en la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025.	Describir el problema operativo relacionado con la alta frecuencia de fallas en los equipos del área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025. Elaborar una propuesta de mejora basada en la implementación de las metodologías TPM y RCM que contribuya al fortalecimiento de los conocimientos técnicos del personal del área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025. Evaluar la efectividad de la implementación de las metodologías TPM y RCM en la reducción de los gastos operativos asociados al mantenimiento correctivo en el área de mantenimiento de la empresa R&J INTEROCEÁNICA SAC, Arequipa 2025.

Anexo 2: Ficha de Recolección de Datos

R & J INTEROCEÁNICA S.A.C.

Encuesta de Percepción sobre la Gestión del Mantenimiento:

Datos del Colaborador

Apellidos y Nombres _____

DNI _____

Área / Departamento _____

Cargo / Puesto _____

Sede / Unidad _____

Operativa _____

Fecha de llenado ____ / ____ / ____

Firma _____

Instrucciones:

Marque con una ✓ la opción que mejor represente su opinión para cada afirmación.

Escala de respuesta:

- ☐ **Totalmente en desacuerdo**
- ☐ **En desacuerdo**
- ☐ **Ni de acuerdo ni en desacuerdo**
- ☐ **De acuerdo**
- ☐ **Totalmente de acuerdo**

1. El mantenimiento preventivo se realiza con la frecuencia adecuada para evitar fallas en los equipos.

☐ Totalmente en desacuerdo

☐ En desacuerdo

☐ Ni de acuerdo ni en desacuerdo

☐ De acuerdo

☐ Totalmente de acuerdo

2. El historial de fallas de los equipos se registra y analiza de forma sistemática en mi área de trabajo.

☐ Totalmente en desacuerdo

☐ En desacuerdo

☐ Ni de acuerdo ni en desacuerdo

☐ De acuerdo

☐ Totalmente de acuerdo

3. Existen procedimientos claros que permiten realizar mantenimiento autónomo en los equipos que se opera.

☐ Totalmente en desacuerdo

☐ En desacuerdo

☐ Ni de acuerdo ni en desacuerdo

☐ De acuerdo

☐ Totalmente de acuerdo

4. Los recursos asignados al mantenimiento son suficientes para garantizar la disponibilidad de los equipos.

☐ Totalmente en desacuerdo

☐ En desacuerdo

☐ Ni de acuerdo ni en desacuerdo

☐ De acuerdo

☐ Totalmente de acuerdo

5. La alta dirección demuestra un compromiso visible con la mejora continua del mantenimiento.

- ☐ Totalmente en desacuerdo
- ☐ En desacuerdo
- ☐ Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- ☐ De acuerdo
- ☐ Totalmente de acuerdo

6. La comunicación entre el área de mantenimiento y el área de operación es efectiva y oportuna.

- ☐ Totalmente en desacuerdo
- ☐ En desacuerdo
- ☐ Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- ☐ De acuerdo
- ☐ Totalmente de acuerdo

7. Se realizan inspecciones periódicas para detectar fallas antes de que generen paradas no planificadas.

- ☐ Totalmente en desacuerdo
- ☐ En desacuerdo
- ☐ Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- ☐ De acuerdo
- ☐ Totalmente de acuerdo

8. Tengo acceso a información actualizada sobre el estado de los equipos y las tareas de mantenimiento.

- ☐ Totalmente en desacuerdo
- ☐ En desacuerdo
- ☐ Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- ☐ De acuerdo
- ☐ Totalmente de acuerdo

9. La planificación del mantenimiento se ajusta considerando el análisis de datos y resultados anteriores.

- ☐ Totalmente en desacuerdo
- ☐ En desacuerdo
- ☐ Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- ☐ De acuerdo
- ☐ Totalmente de acuerdo

10. Se monitorean regularmente los indicadores de desempeño relacionados con la disponibilidad operativa.

- ☐ Totalmente en desacuerdo
- ☐ En desacuerdo
- ☐ Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- ☐ De acuerdo
- ☐ Totalmente de acuerdo

11. Se promueve mi participación activa para identificar y resolver problemas de mantenimiento.

- ☐ Totalmente en desacuerdo
- ☐ En desacuerdo
- ☐ Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- ☐ De acuerdo
- ☐ Totalmente de acuerdo

12. La empresa cuenta con un sistema efectivo para evaluar y mejorar continuamente las estrategias de mantenimiento.

- ☐ Totalmente en desacuerdo
- ☐ En desacuerdo
- ☐ Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- ☐ De acuerdo
- ☐ Totalmente de acuerdo

Comentarios adicionales (opcional):

Anexo 3: Cuestionario Likert

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
E1	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
E2	1	3	2	3	3	2	2	3	3	2	3	3	4	3	2
E3	4	4	4	2	4	4	4	3	4	3	4	4	4	5	4
E4	4	4	4	3	3	3	4	3	4	4	4	3	4	2	4
E5	3	3	3	3	5	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4
E6	3	3	4	3	3	1	3	2	3	3	3	2	5	4	3
E7	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	3	3	3
E8	4	4	3	3	4	3	4	3	4	4	3	3	4	3	3
E9	4	2	4	2	4	2	2	2	2	4	2	2	4	4	4
E10	4	4	4	2	3	2	3	4	3	4	4	4	5	3	4
E11	1	1	1	1	4	2	1	2	5	3	3	1	5	2	1
E12	3	1	3	1	2	2	1	1	3	3	3	3	4	3	3

Anexo 4: Ficha técnica SITRAK C7H

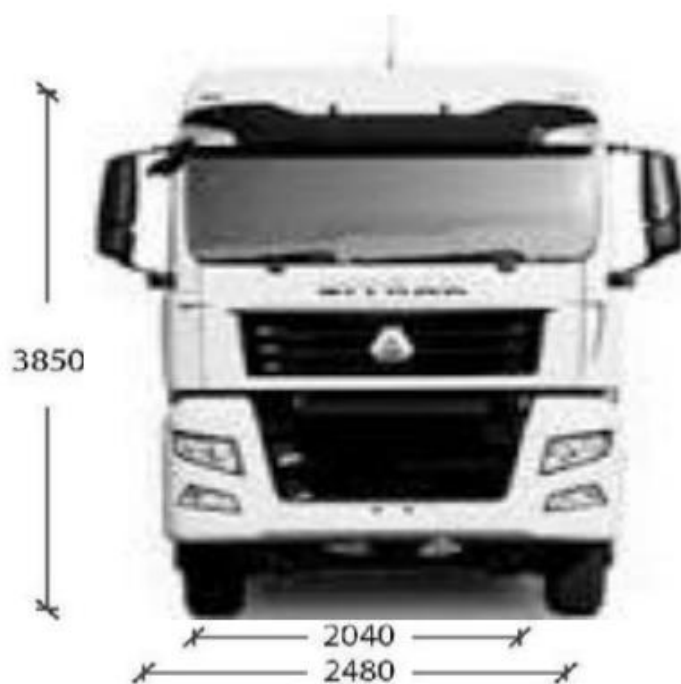
MOTOR	
Marca	MAN technology engine - SINOTRUK
Modelo	MC13.48-30 (Euro III)
Tipo	Longitudinal de 4 tiempos enfriado por agua, 6 cilindros en línea, 24 válvulas.
Sistema de alimentación	Turbo con Válvula Wastegate e Intercooler, inyección electrónica de alta presión "Common-Rail".
Tipo de combustible	Diesel
Cilindrada (cc)	12,419
Máxima potencia	480 hp (353kW) / 1900 rpm
Máximo torque	2300N.M /1000~1400rpm
Diámetro del pistón (mm)	126
Carrera del pistón (mm)	155
Relación de compresión	17 a 1
Capacidad de aceite (lt)	38
EMBRAGUE	
Marca	SINOTRUK
Modelo	430A
Tipo	Halar-tipo muelle de diafragma de 430mm
Operación	Diafragma con espiral accionado hidráulicamente con asistencia neumática.
TRANSMISIÓN	
Marca	ZF
Modelo	ZF16S2531TO CON RETARDADOR VOITH
Tipo	Mecánica, 16 velocidades y 2 reversas (sincronizada, con RETARDADOR)

RELACIÓN DE MARCHAS									
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	R
L	13.12	9.17	6.30	4.38	3.00	2.10	1.44	1.00	12.03
H	11.05	7.72	5.31	3.68	2.52	1.76	1.21	0.84	10.10

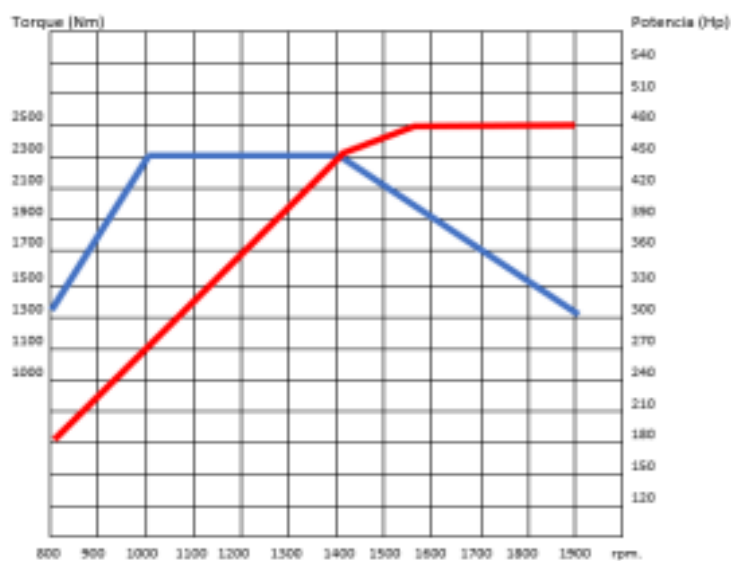
EJES / SUSPENSIÓN	
Eje delantero	HR7 (Tecnología De MAN)
Capacidad eje delantero (Kg)	7,000
Suspensión delantera	Muelles de 4 hojas
Ejes posteriores	MCY13Q (Tecnología De MAN)
Capacidad ejes posteriores (Kg)	26,000 (13,000 x 2)
Suspensión posterior	Suspensión Neumática (8 bolsas)
Relación de corona	(I=4.63)
Traba	De reenvío y diferencial
DIRECCIÓN	
Marca	ZF
Modelo	8118
Tipo	Hidráulica asistida
Presión de Trabajo (Bar)	170
Relación de giro	22.2 - 26.2 : 1

CHASIS	
Estructura	Acero de Alta Resistencia
Tanque de combustible (gal/lt)	158 / 600 de aluminio
Quinta Rueda	Jost 2" de 20 Tn de Carga Vertical
Despeje de la 5ta rueda (mm)	1,320 (Sin Carga)
SISTEMA DE FRENOS	
Tipo	Delantero y posterior de disco. Sistema WABCO de Frenos Antibloqueo (ABS) y Regulador Antideslizante de Ruedas (ASR).
Freno de servicio	Sistema dual de aire comprimido. Presión de Trabajo de 810 kPa.
Freno de estacionamiento	Tipo resorte, aire comprimido cargado en las ruedas posteriores.
Freno de motor	Freno de motor de apertura de válvula (EVB) y freno al escape (EEB).
NEUMÁTICOS	
Delanteros	295/80 R22.5
Posteriores	425/65 R22.5
Aros	22.5 / 10 agujeros
SISTEMA ELÉCTRICO	
Voltaje (V)	24
Alternador (kW)	1.5
Baterías	2 de 12 V y 165 A-h
PESOS	
Capacidad de ejes (Kg)	33,000
Peso Bruto Combinado (Kg)	48,000 de acuerdo a Ley
Capacidad de Arrastre (Kg)	60,000 (opcional 90,000)
Peso del Vehículo (Kg)	8,800
Capacidad de carga 5ta rueda (Kg)	20,000





CURVAS DE MOTOR MC13.48-30



CABINA

Modelo C7-G con Certificado de Resistencia de Cabina de acuerdo a ensayo ECE-R29, cabina de techo alto y piso alto con 2 literas, cortina de salón, mesa de trabajo, visera con luces, suspensión neumática flotante de 4 puntos con amortiguadores y estabilizador horizontal. Asiento del piloto con suspensión neumática, cinturón de seguridad de 3 puntos, velocidad de cruce, timón regulable, aire acondicionado, climatizador, calefacción, tacógrafo digital SIEMENS (MTCO1324), lunas eléctricas, espejos eléctricos, pestillos eléctricos, encendedor, equipo de audio y video mp5 con radio AM/ FM con entrada SD y USB, luces interiores LED y seguro a control remoto.

Anexo 5: Programa de mantenimiento sugerido por la casa matriz SINOTRUCK:

ACTIVIDADES				MANTENIMIENTOS EXPRESADOS EN HORAS / MILES DE KILOMETROS													
	MANTENIMIENTO		Descripción	M	MI	M2	MI	MB	MI	M2	MI	MB	MI	M2	MI	MB	
				250	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000	5,500	6,000	
		Especificación		15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330		
I																	
1	Filtro de aire Secundario		FILTRO		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
2	Filtro de aire Primario		FILTRO		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
3	Filtro aceite		FILTRO		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
4	Aceite motor (balde)	REBA/18.6000	LLUBRICANTE		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
5	Filtro combustible		FILTRO	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
6	Filtro separador de combustible (*)		FILTRO		C	C	C	C	C	C	C	C			C	C	
8	Refrigerante (balde)		LLUBRICANTE					C				C				C	
9	Termostato																
10	Empaque de tapa de válvulas																
11	Calibración valancines																
12	Filtro de Urea		FILTRO					C		C		C		C		C	
II	TRANSMISIÓN																
1	Aceite caja de cambios (balde)	75W80 TOTAL	LLUBRICANTE			C		C		C		C		C		C	
2	Aceite corona (del y post) (balde)	TRANSEC 5 85W140	LLUBRICANTE			C		C		C		C		C		C	
3	Filtro de Retarder		FILTRO			C		C		C		C		C		C	
	Filtro de transmisión		FILTRO			C		C		C		C		C		C	
4	Líquido de freno (litro)		LLUBRICANTE					C				C				C	
III																	
1	Aceite dirección (litro)		LLUBRICANTE			C		C		C		C				C	
2	Filtro dirección		FILTRO			C		C		C		C				C	
3	Filtro de secador de aire		FILTRO			C		C		C		C		C		C	
4	Filtro de cabina		FILTRO			C		C		C		C				C	
5	Grasa (Kg)		LLUBRICANTE	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
	INSPECCIONES																
A	MOTOR																
1	Fuga de aceite			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
2	Fuga de combustible			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
3	Tanque de combustible							L				L				L	
4	Sistema de alimentación de combustible							I				I				I	
5	Bomba de inyección							I				I				I	
6	Inyectores							I				I				I	
7	Fuga de refrigerante			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
8	Tapa del tanque de tanque de expansión					I		I		I		I		I		I	
9	Refruidor				L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
10	Bomba de agua							I				I				I	
11	Fajas					I		I		I		I		I		I	
12	Compresor de aire					I		I		I		I		I		I	
13	Compresión del motor															I	
14	Turbo (ruido y vibración anormal)							I				I				I	
15	Freno motor							I				I				I	
16	Regulación de rpm				A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	

B TRANSMISIÓN, EMBRAGUE, DIFERENCIAL, EJE VUELTA																
1	Aceite de transmisión				I	I		I			I		I		I	
2	Aceite de diferencial				I	I	I	I		I	I	I		I	I	I
3	Aceite de bogie (4)				I	I	I	I		I	I	I		I	I	I
4	Cadanes, crucetas soporte central						I			I				I		I
5	Disco de embrague						I			I			I		I	I
6	Pedal de embrague					I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
7	Líquido de embrague					I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
8	Bombín de embrague					I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
9	Servo de embrague					I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
10	Palanca de cambios							I				I		I	I	I
11	Ajuste de tuercas y pernos en general						A		A		A		A		A	A
12	Engrase de la quinta rueda				E	E		E	E	E	E	E	E	E	E	E
13	Presión neumáticos						I		I		I		I		I	I
C HIDRÁULICO																
1	Aceite hidráulico				I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
2	Bomba hidráulica							I				I				I
3	Pistón hidráulico							I				I				I
D DIRECCIÓN Y FRENO																
1	Aceite de dirección				I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
2	Terminales de dirección					I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
3	Fuga de aire				I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
4	Zapatillas y tambores							I				I				I
5	Regulación frenos				A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
6	Reben de rueda delantera											I				
7	Rodamiento de cubos posteriores							I				I				I
8	Reben de cubos posteriores							I				I				I
9	Alineamiento de ruedas						A			A			A			A
E SUSPENSIÓN																
1	Ajuste de abrazaderas de suspensión						A		A		A		A		A	A
2	Amortiguadores delanteros						I		I		I		I		I	I
3	Paquete de muelles posterior						I		I		I		I		I	I
4	Gomas de barra templadora superior					I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
5	Gomas de barra templadora inferior					I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
F ELÉCTRICO																
1	Alternador					L	L	L		L	L	L		L	L	L
2	Arrancador					L	L	L		L	L	L		L	L	L
3	Módulo de arrancador y alternador								A				A			A
4	Panel de instrumentos						I			I				I		I
5	Luces en general					I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
6	Nivel electrolito de batería						I		I		I		I		I	I
G ESTRUCTURA Y CABINA																
1	Bomba de levante de cabina						I		I		I		I		I	I
2	Cinturones de seguridad						I		I		I		I		I	I
3	Ganchos y varillaje de compuerta de toba					I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
4	Reajuste de pernos de chasis						A		A		A		A		A	A
5	Sistema de limpiaparabrisas						I		I		I		I		I	I

Anexo 6: Análisis de fallas y funciones en el sistema de motor - RCM

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTO DE LA FALLA
1. Generar y entregar potencia/torque requerida al tren motriz (480 HP nominal a 1900-2100 rpm, torque max 1900 Nm)	A1. Pérdida total de potencia (motor no arranca o se apaga) A2. Potencia parcial o inestable (baja aceleración, vibraciones)	1. Inyectores obstruidos o desbalanceados 2. Turbo con eje gripado o aletas dañadas	Pérdida de tracción en subidas → riesgo de accidente o varado en ruta, mayor consumo de combustible, posible daño permanente al motor
		3. Intercooler agrietado o con fugas 4. Culata con empaque perforado 5. Correa de ventilador rota o floja 6. Balancines desajustados o desgastados 7. Anillos de pistón gastados o rotos	
2. Lubricar y proteger los componentes internos del motor (presión aceite 4-6 bar, nivel mínimo 20 L)	B1. Pérdida total de lubricación (presión cero) B2. Lubricación parcial o insuficiente (baja presión, fugas)	1. Bomba de aceite con impulsor fracturado 2. Filtro de aceite obstruido por contaminantes 3. Empaques de culata o balancines con fugas 4. Tapa de aceite con sello endurecido 5. Sensor de presión de aceite defectuoso 6. Varilla de medición de aceite suelta o rota	Sobrecalentamiento y desgaste acelerado → falla catastrófica del motor, riesgo de incendio por fugas, paradas frecuentes para chequeos
3. Enfriar el motor y componentes (temperatura operativa 80-95 °C, sin fugas)	C1. Pérdida total de enfriamiento (sobrecalentamiento inmediato) C2. Enfriamiento parcial o ineficiente (temperatura inestable)	1. Radiador con cañerías perforadas o fugas 2. Termostato atascado en cerrado 3. Correa de ventilador rota o tensador fallado 4. Intercooler con malla obstruida o rajada 5. Sensor de temperatura del motor defectuoso 6. Ventilador con aspas deformadas o rozando	Sobrecalentamiento del motor → deformación de componentes, pérdida de potencia, riesgo de explosión o incendio en ruta

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFEECTO DE LA FALLA
4. Comprimir y suministrar aire/combustible de manera eficiente (compresión mínima 25 bar por cilindro)	D1. Compresión total fallida (motor no enciende) D2. Compresión parcial o irregular (ruido, vibraciones)	1. Turbo con silbido por fuga en sellos 2. Filtro de aire obstruido o sucio 3. Inyectores con calibración desajustada 4. Válvulas de admisión con depósitos de carbón 5. Anillos de manifold con fugas de humo 6. Separador de agua contaminado	Baja eficiencia y potencia → mayor consumo de combustible, emisiones excesivas, check engine activado, posible multa ambiental
		1. Sensor de check engine (naranja) activado por falso positivo 2. Manómetro de temperatura no funcional 3. Sensor de presión de aceite con lectura baja falsa 4. Gobernador desajustado o defectuoso 5. Luces de tablero con relé quemado	
5. Monitorear y controlar parámetros del motor (sensores precisos, sin luces de advertencia falsas)	E1. Pérdida total de monitoreo (tablero inoperable) E2. Monitoreo errático o falso (luces intermitentes)		Falsas alarmas o ignorancia de fallas reales → conductor para innecesariamente o ignora problemas críticos, riesgo de daño mayor al motor

Anexo 7: Hoja de decisión del sistema motor RCM

F	FF	MF	H (Oculta)	S (Seguridad)	E (Medi o Amb.)	O (Operativo)	Tareas "a falta de"	TAREAS PROPUESTAS (óptimas RCM)	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZA R POR
1	A1/A2	Inyectores obstruidos, turbo gripado, intercooler rajado, empaque culata, correa rota	N	S	N	S	Diagnóstico o OBD	1. Diagnóstico OBD completo + lectura de códigos y parámetros en vivo (presión boost, EGR, inyectores)	Mensual o cada 15 000 km	Técnico electrónico
1	A1/A2	Balancines desajustados	N	S	N	S	—	2. Calibración de balancines e inyectores con herramienta específica	Cada 60 000 km o 12 meses	Técnico diésel especializado
2	B1/B2	Fugas empaque culata/balancines, presión baja, filtro aceite obstruido	N	S	N	S	Medir presión aceite	3. Inspección visual diaria pre-viaje de nivel y color de aceite + presión en ralentí (mín 1,5 bar)	Diaria (conductor) + registro	Conductor
2	B1/B2	Todos los MF de lubricación	N	S	N	S	Análisis de aceite	4. Análisis de aceite en operación (contaminación, metales de desgaste, TBN)	Cada 15 000 km	Laboratorio externo

F	FF	MF	H (Oculta)	S (Seguridad)	E (Medio Amb.)	O (Operativo)	Tareas "a falta de"	TAREAS PROPUESTAS (óptimas RCM)	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR
2	B1/B2	Fugas visibles	N	S	N	S	—	5. Cambio programado de aceite + filtro (10W40 CK-4) + inspección de sellos	Cada 30 000 km o 6 meses	Técnico diésel
3	C1/C2	Fugas cañerías, correa ventilador, intercooler rajado	N	S	N	S	Termografía	6. Inspección termográfica de motor, turbo e intercooler (detectar puntos calientes/fugas)	Cada 3 meses	Técnico PdM
3	C1/C2	Correa/tensores	N	S	N	S	—	7. Inspección y tensión de correas + revisión de poleas y tensores	Cada 15 000 km	Técnico mecánico
4	D1/D2	Filtro aire obstruido, turbo silbando, separador agua	N	S	N	S	Medir presión diferencial	8. Inspección y cambio programado de filtros (aire primario/secundario + combustible + separador agua)	Cada 30 000 km o cuando $\Delta P > 25 \text{ inH}_2\text{O}$	Técnico diésel
4	D1/D2	Turbo con juego o silbido	N	S	N	S	—	9. Inspección visual y auditiva de turbo + limpieza de malla intercooler	Mensual	Técnico diésel

F	FF	MF	H (Oculta)	S (Seguridad)	E (Medio Amb.)	O (Operativo)	Tareas "a falta de"	TAREAS PROPUESTAS (óptimas RCM)	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR
5	E1/E2	Check engine naranja, sensores temperatura/presión	N	S	N	S	Escáner	10. Diagnóstico OBD + verificación de sensores (temperatura, presión aceite, MAP)	Mensual o cada 15 000 km	Técnico electrónico
5	E1/E2	Falsos positivos	N	N	N	S	—	11. Limpieza de conectores y verificación de masa del ECM	Cada 6 meses	Técnico electrónico

Anexo 8: Análisis de fallas y funciones en el sistema neumatico- RCM

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (real y observable)	EFECTO DE LA FALLA
1. Generar y mantener presión de aire adecuada para frenos y sistemas auxiliares (presión mínima 8,5 bar en tanques, carga ≤ 3 min desde 0 bar)	A1. Pérdida total de presión (tanques vacíos) A2. Carga lenta o insuficiente (presión < 8 bar)	1. Compresora de aire con válvulas quemadas o pistón gripado 2. Gobernador de presión atascado o mal calibrado 3. Secador de aire con cartucho saturado o válvula de purga defectuosa 4. Mangueras/cánulas rajadas o acoples sueltos 5. Válvula de seguridad (descarga) atascada abierta	Pérdida total o parcial de frenos → riesgo grave de accidente o colisión. Inmovilización inmediata del vehículo
	B1. Pérdida total de secado (agua en todo el sistema) B2. Secado parcial o intermitente (agua/aceite en frenos o válvulas)	1. Secador de aire con cartucho saturado o válvula de purga que no cierra 2. Filtro/coalescente obstruido 3. Válvula de purga automática atascada abierta o cerrada 4. Compresora inyectando aceite al sistema (anillos gastados) 5. Tanque de aire sin drenaje diario o válvula manual defectuosa	Congelamiento de válvulas en altura/frío → pérdida de frenos. Corrosión acelerada de componentes → fallas múltiples
3. Distribuir y controlar aire a frenos, suspensión, embrague y auxiliares sin fugas perceptibles	C1. Fuga masiva (descarga audible > 1 bar/min en reposo) C2. Fuga lenta (descarga 0,3-1 bar/min)	1. Mangueras de nylon o goma rajadas/fisuradas 2. Acoples rápidos (manitos, niples, uniones) sueltos o sellos endurecidos 3. Pulmones de freno o suspensión con membrana rota 4. Válvulas de control (niveladora, bloqueo diferencial, freno motor) con sellos gastados 5. Cañerías metálicas oxidadas o golpeadas	Descarga continua → compresora trabaja permanentemente, sobrecalentamiento y falla prematura. Pérdida de frenos o suspensión en ruta

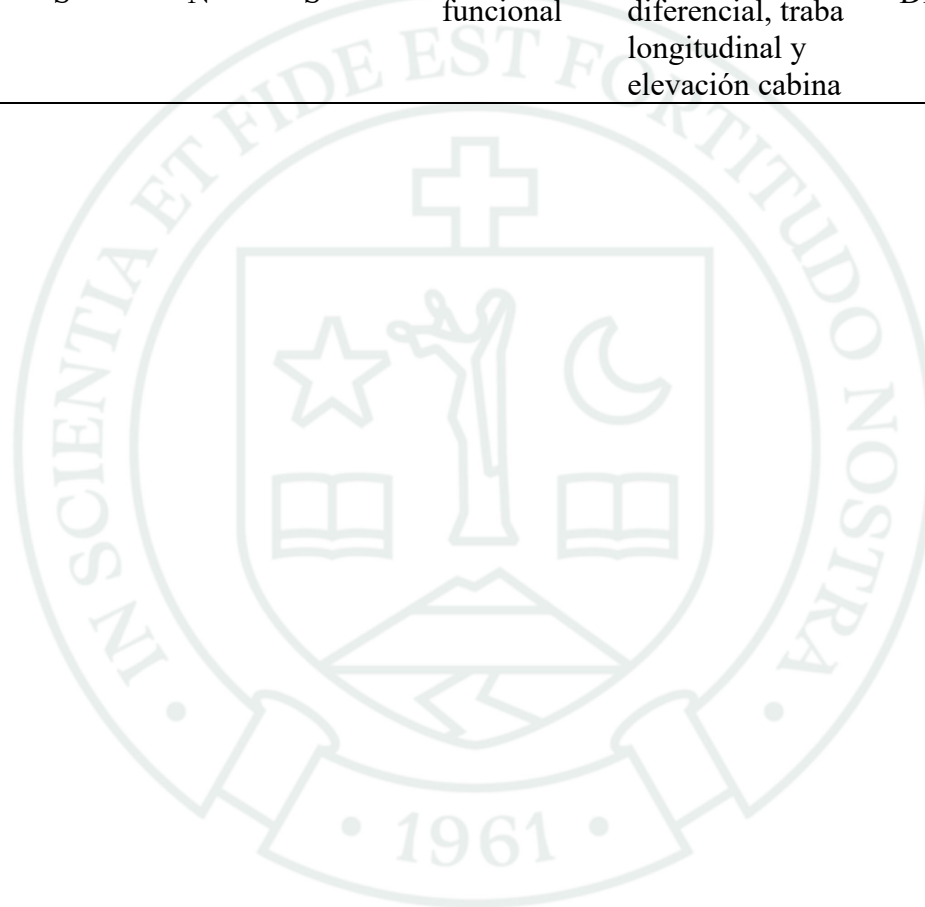
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (real y observable)	EFEECTO DE LA FALLA
4. Mantener altura y estabilidad de la cabina y ejes mediante bolsas de aire (nivel ± 20 mm, respuesta < 10 seg)	D1. Pérdida total de suspensión neumática (eje o cabina baja) D2. Regulación lenta o inestable (cabceo, inclinación)	1. Bolsa de aire rota o despegada de base 2. Válvula niveladora atascada o con fuga interna 3. Varilla de regulación doblada o mal ajustada 4. Mangueras de alimentación a bolsas rajadas 5. Sensor de altura defectuoso	Desnivel del vehículo → pérdida de estabilidad, riesgo de volcamiento. Rozamiento de neumáticos y estructura → daño estructural
	5. Suministrar aire suficiente y constante a sistemas auxiliares (claxon, bloqueos, elevación cabina, etc.)	E1. Pérdida total de auxiliares E2. Funcionamiento intermitente 1. Mangueras específicas rajadas (claxon, diff-lock, traba, elevación cabina) 2. Válvulas solenoides o manuales con fuga 3. Acoples de servicio (manitos) mal conectados o con sello roto 4. Filtro de aire de claxon obstruido	Pérdida de claxon → riesgo de accidente por no advertir. Bloqueos no funcionan → queda atascado en terreno difícil. Cabina no levanta → dificultad para mantenimiento

Anexo 9: Hoja de decisión del sistema neumático RCM

F	FF	MF (agrupado)	H	S	E	O	Tareas "a falta de" actual	TAREAS PROPUESTAS (RCM óptimas)	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR
1	A1/A2	Compresora gripada, gobernador atascado, secador saturado	N	S	N	S	Tiempo de carga	1. Prueba diaria de tiempo de carga 0 → 8,5 bar ≤ 3 min + presión mínima en ralentí ≥ 7 bar	Diaria (pre-viaje)	Conductor
1	A1/A2	Todos los MF de generación	N	S	N	S	Prueba de descarga	2. Prueba de estanqueidad con jabón (máx. 0,3 bar en 5 min con motor apagado y frenos aplicados) 3. Purga manual obligatoria de los 4 tanques + registro de cantidad de agua/aceite expulsado (máx. 20 ml/día)	Semanal	Conductor + Técnico neumático
2	B1/B2	Secador saturado, purga atascada, compresora inyecta aceite	N	S	N	S	Purga manual diaria	4. Cambio de secador de aire + limpieza válvula de purga	Diaria (final de turno)	Conductor
2	B1/B2	Cartucho secador saturado	N	S	N	S	—		Cada 12 meses o 120 000 km	Técnico neumático

F	FF	MF (agrupado)	H	S	E	O	Tareas "a falta de"	TAREAS PROPUESTAS (óptimas RCM)	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR
3	C1/C2	Mangueras rajadas, acoples suelos, pulmones rotos	N	S	N	S	Inspección con jabón	5. Inspección completa de fugas con solución jabonosa (todo el circuito: tracto + manitos + pulmones + válvulas) 6. Reapriete + cambio preventivo de todos los O- rings y sellos de acoples rápidos y niples	Cada 20 000 km o 2 meses	Técnico neumático
3	C1/C2	Sellos de acoples y niples endurecidos	N	S	N	S	—	7. Medición de altura de chasis en 4 puntos + ajuste de varillas niveladoras si desvío > ±20 mm	Cada 60 000 km o 12 meses	Técnico neumático
4	D1/D2	Bolsas rotas, válvula niveladora atascada, varilla doblada	N	S	N	S	Medir altura chasis	8. Inspección visual detallada de bolsas (fisuras, rozaduras, deformación) + prueba de estanqueidad	Mensual	Técnico suspensión
4	D1/D2	Bolsas de aire desgastadas	N	S	N	S	—		Cada 20 000 km	Técnico neumático

F	FF	MF (agrupado)	H	S	E	O	Tareas "a falta de"	TAREAS PROPUESTAS (óptimas RCM)	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR
5	E1/E2	Mangueras y válvulas de claxon, bloqueos y elevación cabina	N	S	N	S	Prueba funcional	9. Prueba funcional diaria de: claxon ($\geq$ 3 seg), bloqueos diferencial, traba longitudinal y elevación cabina	Diaria (pre-viaje)	Conductor



Anexo 10: Fichas de validación de la encuesta diagnostica.

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- I.1. Apellidos y nombres del Experto: *Obregon Valdina Shocin*
 I.2. Grado académica: *Titulo*
 I.3. Profesión: *Zoología Seguridad*
 I.4. Institución donde labora: *RYJ Inteligencia*
 I.5. Denominación del instrumento: *CUESTIONARIO DE DIAGNOSTICO*

II. VALIDACIÓN

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	Muy Malo (1)	Mal (2)	Regular (3)	Bueno (4)	Muy Bueno (5)
1. CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión					X
2. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas o acciones observables					X
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los ítems con la variable y factores				X	
4. COHERENCIA	Existe relación de los ítems con los indicadores de la variable y dimensiones					X
5. PERTINENCIA	Los ítems son apropiados y están relacionados con los indicadores y dimensiones del instrumento					X
6. SUFICIENCIA	Los ítems son suficientes en cantidad para medir la variable					X

III. RESULTADOS DE LA OPINIÓN DE EXPERTO

3.1. Valoración total cualitativa: 29

3.2. Opinión: FAVORABLE (✓) DEBE MEJORAR () NO FAVORABLE ()

3.3. Observaciones:

—

Fecha:


Ing. Edson J. Ríos Contreras MSc. Ing.
Ingeniero (a) en Minas
CIP N° 2010302



INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

1. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y nombres del Experto: *Paredes Caneja Mariana*
 1.2. Grado académico: *Bachiller*
 1.3. Profesión:
 1.4. Institución donde labora: *RJS Interactiva*
 1.5. Denominación del instrumento: CUESTIONARIO DE DIAGNOSTICO

II. VALIDACIÓN

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	Muy Malo (1)	Malos (2)	Regular (3)	Bueno (4)	Muy Bueno (5)
1. CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión					X
2. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas o acciones observables					X
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los ítems con la variable y factores				X	
4. COHERENCIA	Existe relación de los ítems con los indicadores de la variable y dimensiones					X
5. PERTINENCIA	Los ítems son apropiados y están relacionados con los indicadores y dimensiones del instrumento				X	
6. SUFFICIENCIA	Los ítems son suficientes en cantidad para medir la variable				X	

III. RESULTADOS DE LA OPINIÓN DE EXPERTO

3.1. Valoración total cuantitativa: 27

3.2. Opinión: FAVORABLE ☒ DEBE MEJORAR () NO FAVORABLE ()

3.3. Observaciones:

Ninguna

Fecha:


652 IN-INTERCHENIA S.L.C.
Matriz/Unidad Paredes Concepto
JOSÉ GUERRA



INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y nombres del Experto: Huamán Puma Willy A
 1.2. Grado académico: Titulado
 1.3. Profesión: Ingeniero Mecánico
 1.4. Institución donde labora: R y J Interoceánico
 1.5. Denominación del instrumento: CUESTIONARIO DE DIAGNOSTICO

II. VALIDACIÓN

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	Muy Malo (1)	Malos (2)	Regular (3)	Buena (4)	Muy Buena (5)
1. CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión				X	
2. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas o acciones observables					X
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los ítems con la variable y factores					X
4. COHERENCIA	Existe relación de los ítems con los indicadores de la variable y dimensiones					X
5. PERTINENCIA	Los ítems son apropiados y están relacionados con los indicadores y dimensiones del instrumento				X	
6. SUFICIENCIA	Los ítems son suficientes en cantidad para medir la variable				X	

III. RESULTADOS DE LA OPINIÓN DE EXPERTO

3.1. Valoración total cuantitativa: 27

3.2. Opinión: FAVORABLE (X) DEBE MEJORAR () NO FAVORABLE ()

3.3. Observaciones:

Ninguna.

Fecha:

612 RAJ INTERCENAMICA S.A.S

SECRETARÍA

