

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN NEUMÁTICOS PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD EN LA FLOTA DE VOLQUETES ACTROS 4144K EN UNA MINERA EN EL SUR- 2023”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO

AUTOR:

ALFREDO ROBLES LEÓN

ASESOR:

DR. ABEL TAPIA DIAZ

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2024

PERÚ

JURADO EXAMINADOR Y ASESOR DE TESIS

Presidente: Mg. Alfonso Santiago Caldas Basauri

Secretario: Mg. José Martín Casado Márquez

Vocal: Mg. Guillermo Alonso Gallarday Morales

Asesor: Dr. Abel Tapia Díaz

N° de Libro: 001

N° de Folio: 194

N° de Acta: 168

Fecha de aprobación: 13 de enero del 2024

Resolución de sustentación: 150-2023-CF-FIME-CALLAO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
Jurado Evaluador de Sustentación del II Ciclo Taller de Tesis 2023



“Año del Bicentenario, de la Consolidación de nuestra Independencia,
y de la Conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA y DE ENERGÍA
TITULACIÓN PROFESIONAL POR LA MODALIDAD DE TESIS CON CICLO DE TESIS
II CICLO TALLER DE TESIS -2023

**ACTA N°168 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**LIBRO 001, FOLIO N°194, ACTA N°168 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE
TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO.**

A los 13 días del mes de enero del año 2024, siendo las 10:20 horas, se reunieron en el Auditorio “Ausberto Rojas Saldaña” los miembros del **Jurado Evaluador de Sustentación del II Ciclo Taller de Tesis 2023**, designado con Resolución de Consejo de Facultad N° 302-2023-CF-FIME – Callao, 10 de noviembre de 2023, para la obtención de los **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

- Mg. ALFONSO SANTIAGO CALDAS BASAURI : Presidente
- Mg. JOSÉ MARTÍN CASADO MÁRQUEZ : Secretario
- Mg. GUILLERMO ALONSO GALLARDAY MORALES : Vocal

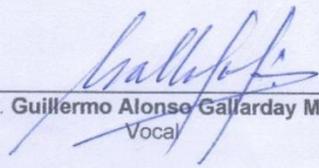
Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **ALFREDO ROBLES LEON**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO**, sustenta la tesis **“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN NEUMÁTICOS PARA IMPLEMENTAR LA DISPONIBILIDAD EN LA FLOTA DE VOLQUETES ACTROS 4144K EN UNA MINERA EN EL SUR- 2023”**, cumpliendo con la sustentación en acto público de acuerdo al artículo 56° de la Resolución de Consejo Universitario N° 150 -2023-CU.- CALLAO, 15 de junio del 2023.

Con el quórum reglamentario, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición y la absolución de las preguntas formuladas por el jurado, y efectuada la deliberación pertinente, acordó por unanimidad. Dar por **APROBADO** en la escala de calificación cualitativa **BUENO**, y con calificación cuantitativa de **14 (CARTORCE)**, conforme a lo dispuesto en el Artículo 24° del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU- CALLAO, 15 de junio de 2023.

Se dio por cerrada la Sesión a las 10.50 horas del día 13 de enero de 2024.


Mg. Alfonso Santiago Caldas Basauri
Presidente


Mg. José Martín Casado Márquez
Secretario


Mg. Guillermo Alonso Gallarday Morales
Vocal



"Año del Bicentenario, de la Consolidación de nuestra Independencia,
y de la Conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

**Dictamen N° 004-2024 - Jurado Evaluador de Sustentación
del II Ciclo Taller de Tesis 2023**

Bellavista, 22 de abril del 2024

EL JURADO EVALUADOR DE SUSTENTACIÓN DEL II CICLO DE TALLER DE TESIS 2023, DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO.

Visto, el oficio N° 009-2024 – II CTT – FIME, de fecha 15 de abril de 2024, presentado por el coordinador del II Ciclo de Taller de Tesis 2023, el Mg. Ing. JUAN ADOLFO BRAVO FELIX, con el cual remite al Decanato de la FIME el levantamiento de las observaciones remitidas según el Dictamen N° 003-2024 – Jurado Evaluador de Sustentación del II Ciclo Taller de Tesis 2023, a las trece (13) tesis de los bachilleres participantes, para su revisión y evaluación.

CONSIDERANDO:

Que, según el art. 38° del Reglamento de Grados y Títulos de UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU del 15 de junio de 2023, el trabajo de investigación y la tesis son redactados de acuerdo a la directiva emitida por el Vicerrectorado de Investigación, y es dictaminado por el jurado evaluador de sustentación. El presidente del jurado debe presentar el dictamen al Decano, elaborado de manera colegiada con la opinión favorable o desfavorable.

Que, mediante Resolución del Consejo de Facultad de la FIME N° 303-2023-CF-FIME, de fecha 13 de noviembre de 2023, se designó la conformación del jurado evaluador de sustentación del II Ciclo de Taller de Tesis 2023 de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la UNAC.

Que, habiendo revisado por cuarta vez las trece (13) tesis luego de su sustentación para determinar si las observaciones realizadas en la tercera revisión fueron levantadas, se verificó que en las trece (13) tesis se levantaron completamente.

Que, mediante la Directiva N° 004-2022-R, aprobada con Resolución Rectoral N° 319-2022-R, de fecha 22 de abril del 2022; Directiva para la Elaboración de Proyecto e Informe Final de Investigación de Pregrado, Posgrado, Equipos, Centros e Instituto de Investigación, el jurado evaluador de sustentación del II Ciclo de Taller de Tesis 2023 de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la UNAC.

DICTAMINA:

PRIMERO.- Que, de las trece (13) tesis presentadas por el señor coordinador del II Ciclo de Taller de Tesis 2023, después de la cuarta revisión posterior al proceso de sustentación, las trece (13) tesis levantaron todas las observaciones, cuyos títulos y autores se indican a continuación:

10. "Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo en Neumáticos para Mejorar la Disponibilidad en la Flota de Volquetes Actros 4144K en una Unidad Minera del Sur – 2023"

Presentado por el bachiller: ROBLES LEON, ALFREDO
Especialidad: Ingeniería Mecánica
Asesor: Dr. Abel Tapia Díaz

11. "Implementación de un Plan de Mantenimiento Tipo Overhaul para Aumentar la Disponibilidad en el Tractor Oruga D8T CAT de una Empresa Minera".

Presentado por los bachilleres: ROJAS GOMEZ, VICTOR RODRIGO
MOTTA ROSADA, FRANGHOAR ANGELLO
Especialidad: Ingeniería Mecánica
Asesor: Mg. Carlos Alfredo Bailón Bustamante.

12. "Diseño de un Plan de Gestión para Mejorar la Eficiencia Energética en el Área de Producción de una Empresa de Plásticos, Lima 2023".

Presentado por las bachilleres: ROÑA PUMAHUANCA, MARLEMP JHOMIRA
YANAC HUAMÁN, SILVIA GABINA
Especialidad: Ingeniería en Energía
Asesor: Mg. Carlos Alfredo Bailón Bustamante

13. "Diseño de un Sistema de Transporte de Caldos de Anchoqueta para Aumentar el Rendimiento de Producción de Aceite en una Planta de Harina de Pescado de 250 TM/H en Puerto Chicama – La Libertad, 2022".

Presentado por el bachiller: VALENCIA PACHECO, JORGE LUIS
Especialidad: Ingeniería Mecánica
Asesor: Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva

TERCERO.- Se adjunta al presente dictamen los archivos de las trece (13) tesis revisadas.

CUARTO.- Elevar el presente dictamen al señor Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la UNAC para los fines de Ley y trámite siguiente.


Mg. Ing. José Martín Casado Márquez
Secretario


Mg. Econ. Guillermo Alonso Gallarday Morales
Vocal


Mg. Ing. Alfonso Santiago Caldas Basauri
Presidente



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

N° 039-2024-UI-FIME

CONSTANCIA DE AUTENTICIDAD

LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, quien suscribe;

HACE CONSTAR:

El(la) Señor(ita): **ROBLES LEON ALFREDO**, identificado(a) con DNI N° **07390929** y código de matrícula N° **870565-B**, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, ha concluido su **TESIS**, titulada: " **IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN NEUMÁTICOS PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD EN LA FLOTA DE VOLQUETES ACTROS 4144K EN UNA MINERA EN EL SUR - 2023**", para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Mecánico, cuyo reporte del sistema URKUND es 25% de similitud; por lo que en calidad de Director de la Unidad de Investigación y de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos (aprobado con Resolución N° 150-2023-CU del 15.06.23), se da constancia de la AUTENTICIDAD DE LA TESIS.

Se expide la presente, a solicitud del interesado(a) para los fines que estime pertinentes.

Bellavista, 06 de mayo del 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía
Unidad de Investigación

DR. JUAN MANUEL GALIMEDO CORREA
Director

N° Documento: 007390929-00870565-B-2024-05-11-03
Carpetas:
L.S. Andino

Document Information

| | |
|-------------------|---|
| Analyzed document | Informe Final de Tesis - Robles León, Alfredo.docx (D182741238) |
| Submitted | 2023-12-28 22:01:00 UTC+01:00 |
| Submitted by | |
| Submitter email | investigacion.fime@unac.pe |
| Similarity | 25% |
| Analysis address | investigacion.fime.unac@analysis.ufrond.com |

Sources included in the report

| | | |
|-----------|--|--|
| SA | Universidad Nacional del Callao / 14. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION PAFAN ENCISO.pdf Document 14. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION PAFAN ENCISO.pdf (D174124408) Submitted by: fime.posgrado@unac.edu.pe Receiver: fime.posgrado.unac@analysis.ufrond.com |  6 |
| SA | Universidad Nacional del Callao / 12. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION PEDRO COCANEGRA.pdf Document 12. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION PEDRO COCANEGRA.pdf (D174124406) Submitted by: fime.posgrado@unac.edu.pe Receiver: fime.posgrado.unac@analysis.ufrond.com |  4 |
| SA | Universidad Nacional del Callao / 17. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION (MANUEL BOZZO).pdf Document 17. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION (MANUEL BOZZO).pdf (D174124411) Submitted by: fime.posgrado@unac.edu.pe Receiver: fime.posgrado.unac@analysis.ufrond.com |  2 |
| SA | Universidad Nacional del Callao / 6. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION JIM MARTIN PIZARRO PAZ FINAL 12 Setiembre (1).pdf Document 6. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION JIM MARTIN PIZARRO PAZ FINAL 12 Setiembre (1).pdf (D174124399) Submitted by: fime.posgrado@unac.edu.pe Receiver: fime.posgrado.unac@analysis.ufrond.com |  68 |
| SA | TSP Leoncio Tafur terminado18.06.pdf Document TSP Leoncio Tafur terminado18.06.pdf (D140792116) |  2 |
| SA | Tesis Compilado - Ricardo Abad 22.06.pdf Document Tesis Compilado - Ricardo Abad 22.06.pdf (D141104154) |  1 |
| SA | 12. T3_Taller de tesis 2_Perez Ortega Francisco Arturo.docx Document 12. T3_Taller de tesis 2_Perez Ortega Francisco Arturo.docx (D140566226) |  2 |

DEDICATORIA

A mi familia por brindarme su apoyo incondicional y motivacional para persistir en los retos y lograr mi objetivo. Además, a mi esposa, por todo el apoyo incondicional y el acompañamiento durante este largo proceso.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por darme la salud y a mi familiar por brindarme el soporte moral y para lograr mi objetivo

Ademas a todos los docentes y compañeros quienes compartieron los conocimientos para desarrollar la presente tesis.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| ÍNDICE DE TABLAS | 4 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 5 |
| ÍNDICE DE ABREVIATURAS | 7 |
| RESUMEN | 8 |
| ABSTRACT | 9 |
| INTRODUCCIÓN | 10 |
| I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 12 |
| 1.1. Descripción de la realidad problemática | 12 |
| 1.2. Formulación del problema..... | 13 |
| 1.2.1 Problema General..... | 13 |
| 1.2.2 Problemas específicos..... | 13 |
| 1.3. Objetivos | 14 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 14 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 14 |
| 1.4. Justificación | 14 |
| 1.4.1 Justificación Práctica | 14 |
| 1.4.2 Justificación Teórica | 15 |
| 1.5. Delimitantes de la investigación | 15 |
| 1.5.1 Delimitante teórica | 15 |
| 1.5.2 Delimitante temporal..... | 15 |
| 1.5.3 Delimitante espacial..... | 16 |
| II. MARCO TEÓRICO | 17 |
| 2.1. Antecedentes | 17 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.1.1 | Internacionales | 17 |
| 2.1.2 | Nacionales | 20 |
| 2.2. | Bases teóricas | 24 |
| 2.2.1. | Definiciones teóricas del mantenimiento | 24 |
| 2.2.2. | Evolución del Mantenimiento..... | 25 |
| 2.2.3. | Tipos de mantenimiento | 26 |
| 2.2.4. | Análisis modo y efecto de falla | 28 |
| 2.3. | Marco conceptual..... | 29 |
| 2.3.1 | Plan de mantenimiento preventivo | 29 |
| 2.3.2 | Disponibilidad | 33 |
| 2.3.3 | Contexto Operacional | 36 |
| 2.3.4 | Análisis situacional | 37 |
| 2.3.5 | Planificación | 37 |
| 2.3.6 | Ejecución | 37 |
| 2.4 | Definición de términos básicos..... | 38 |
| III. | HIPÓTESIS Y VARIABLES..... | 40 |
| 3.1. | Hipótesis | 40 |
| 3.1.1 | Hipótesis general | 40 |
| 3.1.2 | Hipótesis específicas | 40 |
| 3.2. | Operacionalización de las variables..... | 41 |
| IV. | METODOLOGÍA DEL PROYECTO..... | 42 |
| 4.1. | Diseño metodológico..... | 42 |
| 4.2. | Método de investigación | 43 |
| 4.3. | Población y muestra..... | 44 |
| 4.3.1. | Población..... | 44 |

| | |
|--|----|
| 4.3.2. Muestra | 45 |
| 4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado | 47 |
| 4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información | 48 |
| 4.6. Análisis y procesamiento de datos..... | 48 |
| 4.6.1 Contexto operacional..... | 49 |
| 4.6.2. Análisis situacional | 56 |
| 4.6.3. Recolección de información..... | 57 |
| 4.7. Aspectos éticos en investigación | 70 |
| V. RESULTADOS | 71 |
| 5.1. Resultados descriptivos | 71 |
| 5.2. Resultados inferenciales | 74 |
| VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 81 |
| 6.1. Contrastación de los resultados con otros estudios similares | 81 |
| 6.2. Contrastación de los resultados Internacionales y nacionales. | 81 |
| VII. CONCLUSIONES | 83 |
| VIII. RECOMENDACIONES..... | 84 |
| IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 85 |
| ANEXOS | 90 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabla 3.1 | Matriz de operacionalización de las variables..... | 41 |
| Tabla 4.1 | Grado de confiabilidad de la flota de volquetes | 58 |
| Tabla 4.2 | Grado de mantenibilidad de la flota de volquetes..... | 58 |
| Tabla 4.3 | Grado de disponibilidad de la flota de volquetes | 58 |
| Tabla 4.4 | Descripción del procedimiento y ejecución del programa de mantenimiento preventivo..... | 67 |
| Tabla 5.1 | Cuadro comparativo de confiabilidad antes y después de la implementación..... | 71 |
| Tabla 5.2 | Cuadro comparativo de mantenibilidad antes y después de la implementación..... | 72 |
| Tabla 5.3 | Cuadro comparativo de disponibilidad antes y después de la implementación..... | 73 |
| Tabla 5.4 | Prueba de normalidad de la confiabilidad..... | 74 |
| Tabla 5.5 | Prueba de normalidad de la mantenibilidad..... | 75 |
| Tabla 5.6 | Prueba de normalidad de la disponibilidad | 75 |
| Tabla 5.7 | Prueba de T de Student para la disponibilidad | 77 |
| Tabla 5.8 | Prueba de T de Student para la confiabilidad..... | 78 |
| Tabla 5.9 | Prueba de T de Student para la Mantenibilidad..... | 78 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-------------|---|----|
| Figura 2.1 | El concepto de la curva de la bañera..... | 29 |
| Figura 2.2 | Criterios para evaluar la matriz de criticidad..... | 32 |
| Figura 2.3 | Grado de criticidad..... | 33 |
| Figura 4.1 | Vista de la composición de un neumático..... | 46 |
| Figura 4.2 | Lugar de estudio y período desarrollo..... | 47 |
| Figura 4.3 | Acarreo de material | 50 |
| Figura 4.4 | Área de mantenimiento..... | 50 |
| Figura 4.5 | Área de mantenimiento de neumáticos..... | 51 |
| Figura 4.6 | Inventario de equipo | 52 |
| Figura 4.7 | Modelo de neumáticos | 53 |
| Figura 4.8 | Aro del neumático..... | 54 |
| Figura 4.9 | Rendimiento de neumáticos | 55 |
| Figura 4.10 | Organigrama del Área de mantenimiento | 56 |
| Figura 4.11 | Diagrama de Ishikawa | 57 |
| Figura 4.12 | Programa de mantenimiento..... | 60 |
| Figura 4.13 | Formato de orden de trabajo no planificada..... | 61 |
| Figura 4.14 | Formato de orden de trabajo planificada..... | 62 |
| Figura 4.15 | Aviso de mantenimiento..... | 63 |
| Figura 4.16 | Mecanismo de gestión empleado..... | 64 |
| Figura 4.17 | Nuevos mecanismos de gestión..... | 64 |
| Figura 4.18 | Definición de roles y responsabilidades..... | 65 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Figura 4.19 | Capacitación al personal de los nuevos procedimientos..... | 65 |
| Figura 4.20 | Procedimiento de hojas de ruta y planes de mantenimiento..... | 69 |
| Figura 5.1 | Cuadro comparativo de confiabilidad antes y después..... | 71 |
| Figura 5.2 | Cuadro comparativo de mantenibilidad antes y después..... | 72 |
| Figura 5.3 | Cuadro comparativo de disponibilidad antes y después..... | 73 |

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

MTBF: TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN.

MTTR: TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS

OT: ORDEN DE TRABAJO

ODM: ORDEN DE MANTENIMIENTO

RESUMEN

La presente investigación consistió en implementar un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos para incrementar la disponibilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una minera en el sur – 2023.

Para alcanzar el objetivo se realizó un análisis de la empresa y ordenes de trabajo realizadas en neumáticos, a partir de ello se desarrolla la ejecución de un plan de mantenimiento preventivo, lo cual mejora y garantiza la operatividad y disponibilidad de la flota de volquetes, así mismo previene los fallos e imprevistos de la operatividad de la maquinaria, se inició con la recopilación de información del área de mantenimiento de la organización, lo que señala que en la organización no se tiene procesos concretos a seguir por el personal del área de mantenimiento lo cual disminuye la optimización del mantenimiento.

El tipo de investigación empleada es aplicada, con un diseño experimental en su fase preexperimental, lo cual se verifica al implementar el plan de mantenimiento preventivo en la empresa y su efecto en la variable dependiente disponibilidad, lo cual mejora significativamente, la muestra estuvo conformada por 25 volquetes Actros 4144K de la compañía, la técnica de la investigación fue el análisis documental y como instrumento de investigación la ficha de registro, con el cual se recopiló la información para poder analizarlo en el software estadístico IBSS SSPS versión 26.

Se llegó a la conclusión que al implementar un plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad en la flota de volquetes en una compañía minera; así mismo se verifica el incremento de la productividad lo cual es significativa para la organización, así mismo al realizar un análisis de los valores encontrados de disponibilidad es de 87.47% antes de implementar el plan de mantenimiento preventivo en la compañía y después de la implementación se obtiene un 92,86%, lo que indica que se tiene una mejora de disponibilidad de un 5.44%.

Palabras Clave: Plan de mantenimiento preventivo, disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad, procedimientos de mantenimiento preventivo.

ABSTRACT

The present investigation consisted of implementing a preventive maintenance plan for tires to increase the availability in the fleet of Actros 4144k dump trucks in a mining company in the south – 2023.

To achieve the objective, an analysis of the company and work orders carried out on tires was carried out, from this the execution of a preventive maintenance plan was developed, which improves and guarantees the operability and availability of the dump truck fleet. prevents failures and unforeseen events in the operation of the machinery, it began with the collection of information from the organization's maintenance area, which indicates that the organization does not have specific processes to be followed by the maintenance area personnel, which decreases maintenance optimization.

The type of research used is applied, with an experimental design in its pre-experimental phase, which is verified when implementing the preventive maintenance plan in the company and its effect on the dependent variable availability, which improves significantly, the sample was made up of 25 Actros 4144K dump trucks of the company, the research technique was documentary analysis and as a research instrument the registration form, with which the information was collected to be able to analyze it in the statistical software IBSS SSPS version 26.

It was concluded that implementing a preventive maintenance plan improves the availability of the dump truck fleet in a mining company; Likewise, the increase in productivity is verified, which is significant for the organization. Likewise, when carrying out an analysis of the values found for availability, it is 87.47% before implementing the preventive maintenance plan in the company and after the implementation, a 92.86%, which indicates that there is an improvement in availability of 5.44%.

Keywords: Preventive maintenance plan, availability, maintainability, reliability, preventive maintenance procedures.

INTRODUCCIÓN

En el transcurso de la historia humana y el intercambio intercultural entre las civilizaciones siempre se fundamentó en el comercio para alcanzar el desarrollo y los avances tecnológicos que en la actualidad se ven y eso se debió a la invención de la rueda que en su proceso de cambios se llegó a lo que se denominó como neumático y que siempre estuvo ligado a las rutas, vías de accesos o caminos con esta unión dio inicio al transporte. “Por lo que una mejor ruta trazada, un buen drenaje y una superficie estable asegura un tránsito más seguro en las diversas épocas del año, con un mejor camino”, (Campagnoli, 2018 pág. 45)

A nivel latinoamericano, el incremento productividad en las compañías se desarrolla a través de gestión del mantenimiento, con el apoyo de un dispositivo informatizado e integrado, moviliza recursos y cuadros en grupos de varios segmentos y niveles jerárquicos únicos. Estos grupos son motivados y coordinados bajo el mismo liderazgo, es decir, la protección coordina las corporaciones de trabajo en numerosos niveles de supervisión para adquirir más rendimiento y disponibilidad del dispositivo.

El mantenimiento preventivo incluye lubricación, limpieza y maquinaria, además de sustituciones y modificaciones que aseguren las características del activo eficiente a un coste competitivo. Una mayor disponibilidad significa "lograr más con la misma cantidad de recursos. En resumen, la disponibilidad evalúa la eficiencia en la producción por cada factor o recurso empleado. En el sector minero la gestión del mantenimiento preventivo se encarga de gestionar y establecer un uso óptimo de los equipos. El resultado obtenido de una gestión del mantenimiento es una mejora en su disponibilidad basándose en el control de fallas, por la implementación de un plan de mantenimiento y así poder obtener brecha de desempeño del mantenimiento con los indicadores para estimar una mejor vida útil del neumático.

La presente investigación es desarrollada en una minera del sur, por lo que se realizara una implementación de un plan de mantenimiento en los neumáticos que permita aumentar la disponibilidad de una flota de volquetes, cuyo objetivo es mejorar la disponibilidad de la flota, considerando el análisis de los tiempos entre fallas, para determinar el tiempo medio entre fallas (MTBF), el tiempo promedio para reparación (MTTR) y la disponibilidad mecánica, para la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para los neumáticos el cual está sujeto a posibles mejoras dado que se controlara las fallas recurrentes que existen en las labores diarias en la minera para alcanzar los objetivos de la misma.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En el mundo, diversas empresas mineras se esfuerzan por tener y mantener altos estándares en sus operaciones y garantizar el mayor porcentaje posible con indicadores altos de producción, teniendo en cuenta diversos factores, incluido el tiempo de inactividad planificado y no planificado del proceso de producción. Las empresas mineras en Europa, EEUU, Sudáfrica y otros centros mineros famosos cuentan con programas de mantenimiento preventivo y correctivo para aumentar o mantener la alta disponibilidad de los equipos que están en el proceso de producción, por lo que es necesario emular y capturar estos estándares para mejorar nuestros procesos productivos.

En Latinoamérica países como Brasil, Chile y Argentina emulando el proceso productivo minero de Europa busca encontrar mejorar también sus estándares de calidad en la producción por lo que en un camión minero después del combustible y que la demanda de neumáticos mineros OTR ha aumentado en los últimos años y según el análisis del mercado de insumos de Copper Key se espera que las flotas de camiones aumenten debido a la apertura de nuevas minas y al aumento del transporte de materiales (Cochilco, 2018) Comisión Chilena del Cobre por lo que es importante tener en sus planes la gestión de mantenimiento y tener planes de mantenimiento dado en este caso en neumáticos ya que representa después del petróleo el mayor indicador de gasto y un buen control nos apoyara en aumentar la disponibilidad y el tiempo de vida de los neumáticos.

En el Perú que maneja un potencial importante en el sector minero, tanto que en la minería formal e informal que necesariamente buscará también mejorar sus estándares competitivos de escala mundial con controles que dieron resultados en esos países emulando el desarrollo encontrado en ellos. En nuestro caso la investigación se dio en la empresa relacionada al alquiler de equipos y servicios en reparaciones. La empresa tiene a

cargo el traslado de material con 25 volquetes Mercedes Benz modelo Actros 4144K de los cuales tienen como año de fabricación 2016 donde las labores de acarreo correspondientes los realizaba en el Tajo (retiro del mineral o desmonte) al PAD (punto de acopio del mineral) o al botadero (desmonte) en donde la distancia de recorrido es de aproximadamente 7.8 Km. hace que los problemas se hagan más continuo con fallas y paradas imprevistas por problemas en neumáticos. Con estas paradas no programas la disponibilidad mecánica fue afectada obteniéndose menores a 87.47% por lo que se hizo un estudio para identificar problemas que pudieran evitar paradas y fallas recurrentes en la flota de volquetes.

En la investigación se plantea realizar un plan de gestión de mantenimiento preventivo con el objetivo de mejorar la disponibilidad de la flota, considerando el análisis de los tiempos entre fallas, para determinar el tiempo medio entre fallas (MTBF), el tiempo promedio para reparación (MTTR) y la disponibilidad mecánica, para la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para los neumáticos el cual está sujeto a posibles mejoras dado que se controlará las fallas recurrentes que existen en las labores diarias en la minera para alcanzar los objetivos de la misma. (Ver anexo 02)

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿En qué medida la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos incrementa la disponibilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una minera en el sur – 2023?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿En qué medida la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos incrementa la confiabilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una minera en el sur – 2023?

- ¿En qué medida la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos incrementa la mantenibilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una minera en el sur – 2023?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar en qué medida la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos incrementa la disponibilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una minera en el sur – 2023.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar en qué medida la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos incrementa la confiabilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una minera en el sur – 2023
- Determinar en qué medida la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos incrementa la mantenibilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una minera en el sur – 2023.

1.4 Justificación

En el proyecto se desarrollará un plan de mantenimiento preventivo, evidentemente permitirá mayor disponibilidad de la flota de volquetes Actros 4144K de una minera en el sur.

1.4.1 Justificación Práctica

El presente trabajo de investigación se basa en la práctica. Como referencia, (Suárez, 2016). Menciona que el razonamiento práctico debe

presentarse adecuadamente cuando la investigación ayuda a resolver problemas analizando sus beneficios. La guía analítica se resume respondiendo a la pregunta: "¿Por qué tiene sentido realizar la investigación?". Contribuye de manera práctica al desarrollo de planes de mantenimiento preventivo que aumenten la disponibilidad de los neumáticos de volquetes en una minera en el sur.

1.4.2 Justificación Teórica

Según (Suárez, 2016) este estudio propone una justificación teórica basada en las teorías de mantenimiento preventivo, considerando los criterios de evaluación de utilidad, relevancia social, aplicación práctica, valor teórico y utilidad metodológica. El estudio se justifica utilizando fuentes de manejo bibliográfico y sitios web que puedan interpretar las teorías y ecuaciones en la aplicación de la planificación del mantenimiento preventivo.

1.5 Delimitantes de la investigación

1.5.1 Delimitante teórica

Para llevar a cabo la investigación, se presenta una explicación teórica y se crea un plan de mantenimiento preventivo para neumáticos de volquetes empleando normas y teorías específicas como el manual reparaciones y especificaciones técnicas de Mercedes Benz. Donde la información que brinda la minera es limitada (data histórica de los equipos).

1.5.2 Delimitante temporal

Según el autor (Bernal, 2010 pág. 107) los límites temporales indican que es importante determinar la duración del estudio del hecho, situación, fenómeno o población en estudio, ya sea retrospectivo o prospectivo.

El informe final de investigación tiene un plazo determinado de 12 meses, ya que se necesita un período de investigación específico de 6 meses para analizar la prueba previa en el año 2022 y la prueba posterior que se llevó a cabo en el presente año 2023 durante los meses de enero-junio respectivamente. Estos se llevan a cabo in situ en la compañía minera.

1.5.3 Delimitante espacial

Según el autor, (Bernal, 2010 pág. 107) explica que estos son los límites del espacio geográfico en el que se desarrolla la investigación.

La investigación tiene como delimitante espacial en el sector minero, el cual se ubica en las alturas del distrito de Paras, provincia de Cangallo departamento de Ayacucho

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1 Internacionales

Morales (2020), realizó una investigación sobre el tema "*Aumento de la vida útil de los neumáticos de una flota de transporte de Minera Centinela*" y sugirió formas de extender la vida útil de los neumáticos más allá de las cifras especificadas en los presupuestos de la empresa. En la investigación se utilizaron enfoques experimental, descriptivo, cuantitativo, analítico y cuantitativo. Los hallazgos del estudio indican que, si bien los problemas operativos representaron la mayor parte de las bajas de neumáticos en 2018, estas se redujeron; por el contrario, la vida útil de los neumáticos KOM 930 se incrementó en un 1%. y un 6,5% para la flota CAT793; sin embargo, se consigue una reducción de la vida útil del 3% para el CAT 797. Esto se consiguió sometiendo los neumáticos a un plan de mantenimiento preventivo, lo que supuso un ahorro de 6.242 dólares hasta septiembre de 2019.

Según el estudio actual, es beneficioso poner en práctica los métodos del plan de mantenimiento preventivo, ya que aumentarán la disponibilidad, prolongarán la vida útil de los neumáticos y reducirán los gastos operativos.

Rodríguez (2019), en su estudio del autor propone *la Implementación de un modelo de gestión de mantenimiento en Tropical Paradise Fruits Company*", creando así un programa de mantenimiento preventivo que casi cuadruplicaría el actual tiempo de mantenimiento preventivo y disminuiría la necesidad de reparaciones correctivas como resultado de su estudio sobre la gestión del mantenimiento en una empresa. En la investigación se utilizaron métodos experimentales, descriptivos, cuantitativos, analíticos y cuantitativos. El modelo pretende incorporar otros departamentos y/o áreas para mejorar desarrollar nuevos métodos

para lograr un mantenimiento de clase mundial. Las conclusiones mostraron una mejora de la accesibilidad mecánica de los equipos comparable a la gestión del mantenimiento.

En la investigación se requiere que al implementar un plan de mantenimiento preventivo es importante porque tiene resultados positivos en términos de disponibilidad de la máquina y mejorar estrategias para el área de mantenimiento.

Fonseca (2019), en el siguiente trabajo monográfico el *“Diseño de un plan de mantenimiento para la flota de camiones volquetes y recolectoras de basura Freightliner de la Alcaldía de Managua – 2016”*. Con el fin de determinar la disponibilidad y confiabilidad de los mismos, este se elaboró primeramente evaluando estadísticamente la gestión de mantenimiento del taller de reparación de los camiones en base al número de fallas y retrasos proporcionados por los equipos. Este análisis puso de manifiesto que un gran número de la flota de vehículos de la institución no tiene la disponibilidad necesaria (95% de disponibilidad) para llevar a cabo las diferentes responsabilidades de recogida de basura, el transporte de materiales específicos para la construcción de parques públicos, calles y viviendas, la limpieza de los canales de agua demuestra su alta criticidad y la necesidad de poner en marcha, un programa de mantenimiento para reducir los retrasos en la reparación de los equipos. Tras un análisis más detallado, se descubrió que los empleados del taller tienen las capacidades necesarias para realizar las tareas de mantenimiento. Se identificó el conjunto de variables operativas que intervienen en el funcionamiento de los equipos y se resumió a través de una matriz de variables enfocada al análisis de averías para, finalmente, diseñar el plan de mantenimiento de las carretillas elevadoras y analizar los parámetros operativos asociados a la evolución de las averías. En base a ello se elaboraron las normas de inspección. Se determinó cuánto tiempo persistirán estos problemas es una información crucial para programar

todas las acciones a tiempo, evitar repercusiones mayores y aumentar la disponibilidad operativa de los equipos. El estado del equipo en relación con los sistemas mecánicos, el tren de potencia y el motor lo proporciona indirectamente el plan de mantenimiento basado en el análisis de fallos, que también determina cuándo sustituir las piezas problemáticas y permite controlar el desgaste de los componentes y los niveles de contaminación.

Montes (2020), en el presente trabajo de investigación *“Diseño de un plan de mantenimiento para la flota articulada de Integra S.A. usando algunas herramientas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)”* el autor realizó una creación de un programa de mantenimiento utilizando algunas herramientas de mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) para la flota articulada de Integra S.A. Con la nomenclatura de la empresa, el registro o inventario utilizado corresponde a la flota articulada. A continuación, se creó un estándar para las tarjetas maestras de la flota, que incluye información sobre la carrocería, el chasis, los datos generales (código, placa, flota) y los líquidos y lubricantes utilizados. Para crear una matriz de requisitos se utilizaron análisis de modos y efectos de fallo (AMFE), en los que se respondía a una serie de preguntas sobre cada componente. Así se elaboró una lista de requisitos previos y especificaciones para las tareas de mantenimiento. A continuación, tomando como referencia dicha matriz, se llevó a cabo un análisis de componentes críticos, asignando valores numéricos a variables como la gravedad, la frecuencia y la detectabilidad de cada posible falacia encontrada. Listas de los requisitos arrojados por el AMEF fueron elaboradas y se clasificaron según su tipo: eléctricas, carrocería, mecánicas y lubricantes (E, C, M y L). Cada necesidad tiene su correspondiente hoja de instrucciones en la que se explica el proceso, las herramientas necesarias para realizarla, su código y su nombre. Después, se examinaron diversos indicadores clave de gestión (KPI) con el objetivo

de establecer las condiciones de desempeño actuales de la flota.

Posteriormente, se construyó un cuadro de mandos anual distribuyendo las actividades programadas entre las semanas del calendario y teniendo en cuenta el kilometraje medio mensual de los coches. Por último, se realizó un recorrido por el software de gestión de mantenimiento que utilizaba la empresa para organizar y registrar los datos de mantenimiento.

Gallego (2019), en su investigación de *“Implementar un plan de mantenimiento basado en filosofía RCM”* para la maquinaria de la compañía con el objetivo de identificar fallas funcionales del mantenimiento y la criticidad de los equipos, frecuencias y tareas de mantenimiento. El tipo de la investigación es exploratorio descriptivo, llegando a la conclusión que los formatos planificados y avisos de mantenimiento, así como el análisis de criticidad de fallas frecuentes y nuevo modelo de operar permite tener mejor disponibilidad de la maquinaria en la organización, así mismo, al implementar un plan de mantenimiento preventivo, disminuye los costos y previene acciones que afecten directamente a operatividad de la maquinaria, finalizando que es crucial tener un plan de mantenimiento de los equipos en las compañías que permitan el control, registro y mayor operatividad de la organización, incrementando el 5 % de disponibilidad en los equipos en la organización

La presente investigación contiene relevancia en la variable plan de mantenimiento preventivo, basado en confiabilidad, análisis de criticidad de equipos se logra mejorar la disponibilidad analizando las fallas frecuentes y creando un plan de mantenimiento que permita optimizar el mantenimiento en la organización

2.1.2 Nacionales

Gutierrez (2023), en su investigación implemento un *“Diseño de un*

sistema mantenimiento preventivo que permite incrementar la disponibilidad de la maquinaria en una compañía en Cajamarca 2022”

El objetivo del estudio fue desarrollar una estrategia de gestión de mantenimiento para la maquinaria que permita tener una mayor disponibilidad de maquinaria. Empleo metodologías analíticas, descriptivas, cuantitativas y experimentales. Se comprobó que, aunque los elementos clave son diferentes, el plan revisado de gestión del mantenimiento recomendado mejora la disponibilidad de las máquinas en un 11%, disminuye las paradas periódicas imprevistas y aumenta los ingresos económicos de la empresa mejorando el tiempo promedio de reparación y las horas de reparación de la maquinaria.

En la investigación, este estudio a través de la implementación de planes y programas de gestión de mantenimiento reduce las interrupciones no planificadas e innecesarias, aumenta la disponibilidad de las máquinas y beneficia a las empresas en equipos operativos.

Cahuana (2019), en su investigación *” Plan de monitoreo para reducir costos de consumo de neumáticos en operación de camiones Komatsu 930E–4SE minera Las Bambas”* el objetivo es abordar el tema del consumo excesivo de neumáticos. Analizar el promedio de horas de rendimiento que esencialmente logran alcanzar los neumáticos antes de ser condenados a un estado de desecho. Dado que los neumáticos se sometieron a pruebas exhaustivas con los que se colocaron en la plataforma de residuos de la mina, las estadísticas nos permiten mostrar las múltiples formas de fallo de los neumáticos. Para llevar a cabo esta investigación se utilizaron metodologías experimentales, descriptivas, cuantitativas y analíticas. Dedujimos que los indicadores de las variables independientes comenzaron a regular la temperatura, las presiones. Los resultados del proyecto dependen del peso de cada neumático, de la velocidad a la que se mueven los

neumáticos y de la gestión del desgaste de los restos de la banda de rodadura. Como resultado, hubo menos fallos en las botas de goma y más horas de funcionamiento de los neumáticos en términos de desgaste de la banda de rodadura.

La disponibilidad aumentó para nuestra utilidad en la variable dependiente. Todo ello es posible gracias a la adopción de programas de mantenimiento, que reducen los gastos al disminuir el tiempo de la maquinaria provocado por la degradación de los neumáticos.

Manay (2020), desarrolló un programa de *“Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica de volquetes Mercedes Benz modelo Actros 3344k en la empresa Divemotor Cajamarca”*. Se describe cómo evaluar la disponibilidad mecánica actual de los volquetes, desarrollar estrategias de mantenimiento preventivo elevando la disponibilidad y evaluar los resultados para alcanzar este objetivo. En la investigación se utilizaron métodos descriptivos, cuantitativos, analíticos y experimentales. El problema que más afecta a la empresa es la escasa disponibilidad de los volquetes, ya que no existe un sistema definido de gestión del mantenimiento en la organización. La disponibilidad media actual es del 87,63%. En el marco del proyecto hubo que crear varios formatos, protocolos e instrucciones de trabajo para introducir los datos de cada equipo en SAP.

Por lo tanto, al implementar un plan de mantenimiento mejora los resultados en un VAN y TIR viable económicamente, por lo que fue necesario el apoyo conjunto de todas las áreas para llevar a cabo esta investigación.

Carrón (2021), en su *investigación “Estudio sobre la importancia de*

la gestión de neumáticos en los volquetes Mercedes Benz modelo Actros 3344k en la U.M. Quenuales – Contonga” profundizo en la influencia de la gestión de neumáticos para aumentar la vida útil de los neumáticos y disminuir los costos de operación en camiones volquetes Mercedes Benz modelo Actros 3344K”. La investigación se realizó en la Unidad Minera de Contonga en el distrito de Ancash. Para recopilar información y examinar las variables y tácticas contribuyentes, se utilizaron 09 volquetes de Multicosalilor SAC en este estudio descriptivo, cuantitativo, analítico y experimental. Llegando a la conclusión, que la realización de comprobaciones diarias y el cumplimiento del programa de cuidado de los neumáticos lo hicieron posible. utilizando como variable independiente un sistema de gestión de los neumáticos de la flota respaldado por un plan de mantenimiento. Entre las variables importantes que afectan a la longevidad de los neumáticos se incluyen las presiones de inflado de los neumáticos, las cargas a las que están sometidos los volquetes, las temperaturas de los neumáticos, la operatividad de los equipos y otras constantes.

Los resultados para la investigación fueron favorables comprobándose que a la implementación de un plan de mantenimiento nos aporta disminuyendo paradas innecesarias y el alargue de la vida útil del neumático por lo cual estos resultados muestran un ahorro significativo al final del año de operación.

Blanco (2019), en este estudio, *“Incremento de la vida útil de neumáticos para reducir costos de operación en camiones Caterpillar 797F en Toromocho - Chinalco Perú”* analizamos cómo el aumento de la vida útil de los neumáticos puede ahorrar gastos operativos en los camiones Caterpillar 797F de Chinalco Perú en Toromocho. Situada dentro del departamento de Junín. Cambiando las ubicaciones y utilizando constantes como la presión de inflado

de los neumáticos, la carga de material en el dámper, la temperatura de los neumáticos y el funcionamiento del equipo, se puede prolongar la vida útil de los neumáticos originales. La vida útil de los neumáticos depende de estos matices. Con la ayuda del departamento de planificación y fiabilidad de Mantenimiento Minero de Chinalco Perú, así como de la empresa de pruebas mensuales Neuma Perú S.A., se completó la recopilación de datos y el análisis de estrategias para este año y se comparó con años anteriores. Además, sólo se incluyeron en el análisis de la variable dependiente para 2019 los neumáticos retirados por desgaste o rotura de la correa: la disminución del coste medio de explotación. En este estudio descriptivo, cuantitativo, analítico y experimental se utilizaron 23 volquetes mineros de gran tamaño. En última instancia, indican que la utilización de un plan de mantenimiento para la gestión de los neumáticos prolonga su vida útil en comparación con los puntos de partida. Basándose en los registros de la empresa, estas cifras demuestran un ahorro considerable al final del año de explotación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Definiciones teóricas del mantenimiento.

- Según Gallara & Pontelli (2014), define el mantenimiento como una combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, durante el ciclo de vida de un elemento, destinada a conservarlo o devolverlo a un estado en el cual pueda desarrollar su función requerida.
- Define a mantenimiento como toda una serie de acciones que deben realizar las personas encargadas de este departamento o área, con la finalidad de que los equipos, máquinas, componentes e instalaciones involucrados dentro de un proceso industrial estén en las condiciones requeridas de funcionamiento para lo que fue diseñado, construido,

instalado y puesto en operación. Pérez (2021)

- Define el mantenimiento en un conjunto de actividades que se lleven a cabo para recuperar y mantener operativo las instalaciones o equipos a través de medios técnicos conocidos, de esa manera se controla las instalaciones productivas, así como auxiliares y de servicios. Dicho de otro modo, el mantenimiento son labores que se requieren para reestablecer o conservar a bajo costo. (ISO 14224, 2016)
- El mantenimiento es tan antiguo como el universo mismo. Es bien sabido que los seres humanos han mantenido desde el principio de los tiempos desde las herramientas más sencillas hasta los equipos que utilizan a diario. Pero porque tenían que hacerlo para sobrevivir, no de forma racional u ordenada. Emplea cada día el 6,3% de las mejores estrategias y herramientas para lograr sus objetivos García (2010).
- El mantenimiento es el conjunto de acciones que deben llevarse a cabo para mantener la maquinaria, los equipos y las instalaciones de una empresa en estado óptimo para que pueda funcionar con la máxima eficacia, seguridad y economía. Tecsup (2009).
- Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento

2.2.2. Evolución del Mantenimiento

Se pueden distinguir cuatro generaciones en la historia del mantenimiento:

- La 1ª Generación, que perduró hasta 1950 y se definía únicamente por los procedimientos de mantenimiento correctivo (reparar cuando se estropeaba).

- La Segunda Generación, que surgió entre 1950 y 1980 y dio lugar a las reparaciones planificadas y al mantenimiento preventivo.
- La Tercera Generación, que abarcó de 1980 a 2000 y se caracterizó por el uso de la monitorización del estado y el mantenimiento predictivo.
- La Cuarta Generación, surgida en el siglo XXI, anima a las empresas a integrar el mantenimiento en el conjunto de sus operaciones. Esto incluye la gestión del conocimiento, la eficiencia energética, la productividad total, la gestión del riesgo y la gestión de la fiabilidad Pérez (2021)

2.2.3. Tipos de mantenimiento

Mantenimiento correctivo

- El mantenimiento correctivo o mantenimiento de emergencia implica la operación de equipos o maquinaria hasta que ocurren fallas, después de lo cual el personal de mantenimiento debe corregir las fallas de producción. Una vez finalizada la reparación, el personal de mantenimiento abandona el equipo o máquina hasta que se estropee nuevamente. Klimasauskas (2011)
- Se activa cuando una instalación o máquina se avería, provocando el correspondiente tiempo de inactividad, por lo que es necesario retirar los componentes dañados y sustituir las piezas, ya sean nuevas o viejas. Pérez (2021)
- El mantenimiento programado o planificado se emplea cuando es detectada una falla inminente de una pieza de la máquina, de manera que se planifica el mantenimiento para prevenir esta potencial falla. Pérez (2021)

Mantenimiento Preventivo

- Se fundamenta en actividades o labores que se realizan en periodos definidos por recomendación del fabricante diseñado con el objetivo de

garantizar que cumplan funciones requeridas de los activos en trabajos o actividades para los que se adquirió como también optimizar eficiencias en los procesos; como también adelantarse a las fallas de las piezas, componentes, equipos o maquinas; también se hace referencia a acciones de cambios y reemplazos dados por inspecciones y evaluaciones, etc., en periodos de tiempos programados calendarios. Pérez (2021, p. 37)

Mantenimiento predictivo

- "El mantenimiento predictivo consiste en una serie de tareas diseñadas para determinar el estado operativo de equipos o maquinaria midiendo variables físicas y químicas importantes para predecir condiciones anormales y corregirlas utilizando herramientas y sistemas de diagnóstico" Westcott (2011).
- El mantenimiento predictivo tiene como objetivo anticipar posibles fallas futuras a través de procedimientos de inspección y diagnóstico. Además, se aumenta la disponibilidad de los equipos operativos y se evitan acciones correctivas, reduciendo costos de mano de obra y materiales, porque cuando se inician menos acciones correctivas, la mano de obra utilizada para los trabajos de mantenimiento diario se reduce significativamente.

El Mantenimiento Proactivo

- El objetivo del mantenimiento proactivo es crear unidad, cooperación, iniciativa y espíritu de equipo en la empresa de mantenimiento (es decir, todos los miembros de la empresa) para que cada miembro, al actuar, comprenda las prioridades de mantenimiento. Acevedo, 2012, citado en Moscoso (2017). Esto ayuda a reducir costes y por tanto aumenta la rentabilidad de la empresa.

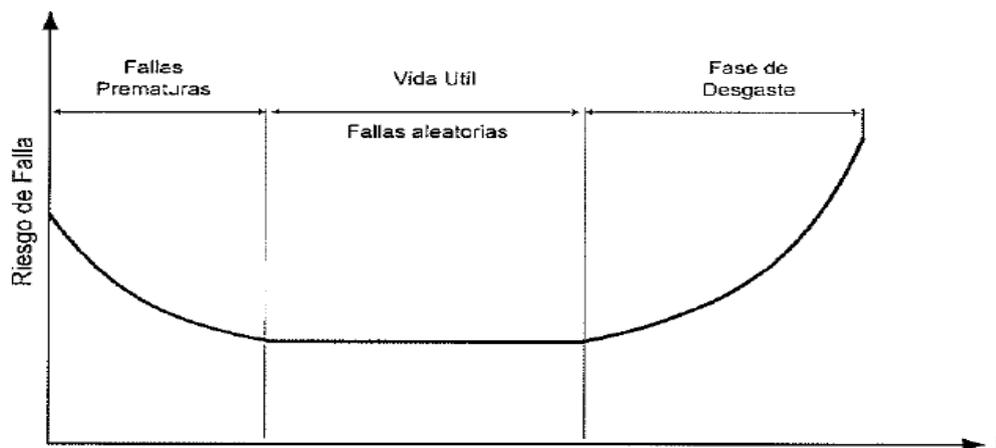
2.2.4. Análisis modo y efecto de falla

Cualquier anomalía que pueda surgir en el funcionamiento del equipo puede ser encontrada de antemano, de forma predecible o preventiva con el uso del análisis de fallos. Para alcanzar este objetivo se utilizan los procedimientos que se enumeran a continuación Mora, (2009).

El enfoque del análisis de fallos se basa en la existencia o el descubrimiento inesperado de una circunstancia que se desvía de la norma y que, de alguna manera, indica una pérdida total o parcial de funcionamiento en una máquina o elemento. Un problema o efecto causal es un fallo que aún no se ha eliminado o solucionado. Los defectos de la máquina o el sistema que se advirtieron o se pensó que existían en el momento en que se notificó la avería podrían figurar como modo de fallo Mora, (2009).

Definimos una falla como una causa o evento que hace que una función no realice correctamente las funciones requeridas o que se desactive por completo. Un componente dañado exhibe características variables en las etapas iniciales antes de fallar. Los fracasos pueden ocurrir temprano en la vida activa (fracaso prematuro o mortalidad infantil) y representan sólo una pequeña proporción del total de fracasos; se debe a problemas de calidad en el proceso de fabricación o montaje. Durante el funcionamiento activo se producen daños a largo plazo y significativamente menores. Cuando un activo llega al final de su vida útil, la tasa de falla aumenta debido al desgaste de los componentes del activo.

Figura 2.1 El concepto de la curva de la bañera



Fuente: TECSUP, Planificación y Programación del Mantenimiento.

2.3. Marco conceptual

2.3.1 Plan de mantenimiento preventivo

Según Montilla (2016, p. 33), es una serie de tareas e inspecciones fundamentales destinadas a prever la aparición de un problema o fallo. Estas tareas se programan periódicamente a lo largo del tiempo con el objetivo de reforzar los puntos débiles que experimentan averías con frecuencia, identificar los puntos débiles y sustituir los componentes viejos o desgastados o los equipos con un uso intensivo.

El mantenimiento preventivo consiste en detectar y solucionar los inconvenientes más pequeños antes de estos se incrementen. Otra forma de describir el mantenimiento preventivo es una lista de comprobación utilizada por usuarios, operarios y responsables de mantenimiento por medio estar seguro de que la maquinaria está en excelentes condiciones de funcionalidad, los edificios, la maquinaria, los equipos y los vehículos funcionen correctamente. Debido a que son dos variables que se refuerzan mutuamente, debemos vincular el mantenimiento preventivo con la disponibilidad. Por lo tanto, es importante destacar que la disponibilidad se refiere al funcionamiento completo y confiable del equipo. Flores (2016), en los procesos actuales, el mantenimiento ya no

se limita a reducir los errores operativos y se basa en el historial de errores, sino que se lleva a cabo en un sentido más amplio: Mantenga los equipos de control en buenas condiciones de funcionamiento, estables y de larga duración. Equipos controlados y garantía de procesos operativos normales para controlar eficazmente las tareas de servicio y producción, lo que reduce significativamente los costos.

Las etapas de preparación del plan anual de mantenimiento preventivo son:

- Identificar equipos, equipos críticos y máquinas a través del análisis de parámetros relacionados con el proceso productivo.
 - Enumere e identifique las recomendaciones del fabricante, los tiempos de repetición y las necesidades de mantenimiento, así como las mejores prácticas de mantenimiento.
 - Se prevé que las actividades de mantenimiento se lleven a cabo en función del tiempo, además de una cierta repetibilidad, la cual debe analizarse y tabularse.
 - Identificar los activos necesarios y aclarar las responsabilidades de los empleados involucrados directa e indirectamente en el mantenimiento.
 - Prioridades documentadas y experiencia en mantenimiento para las instalaciones, equipos y tipos de sistemas de la empresa.
- Pesantez (2007)

Criticidad de los equipos

De Gusmao (2005), el dispositivo de criticidad ayuda a organizar la conservación clasificando los dispositivos en función de su importancia para la organización. El equipo supervisor y la rama de mantenimiento y control deciden el nivel de criticidad. Se suelen emplear tres niveles de criticidad, cuya complejidad varía desde una clasificación directa de

factores según su importancia hasta el más intrincado, que incorpora variables adicionales.

1° de Criticidad

Este equipo es crucial para el funcionamiento de la empresa y no debe funcionar mal, ya que podría ocasionar importantes pérdidas económicas. Además, esta etapa cuenta con equipos extremadamente peligrosos que podrían herir a personas si fallan. Por último, la criticidad 1 se refiere a los equipos que tienen el potencial de dañar gravemente el medio ambiente.

2° de Criticidad

Estos son los equipos que normalmente no deberían romperse o dejar de funcionar, pero su impacto no sería tan fuerte como en la fase anterior. Esto podría deberse a que solucionar el problema no detendría la producción, llevaría menos tiempo o podría haber una pieza de equipo más adecuada disponible para sustituir a la que funciona mal.

3° de Criticidad

Estos equipos se incluyen en el plan de mantenimiento proactivo puesto que su avería ya no repercute en el proceso de fabricación de la empresa. Si el mantenimiento programado no puede completarse a tiempo para este tipo de equipo, podría reprogramarse para la renovación preventiva. A pesar de disponer de un amplio aparato, la mayoría de los organismos ya no manipulan para completar todas las operaciones similares a la renovación preventiva. Por este motivo, el dispositivo de criticidad establece los siguientes datos específicos de cumplimiento:

Método de evaluación de la criticidad basado en el concepto de riesgo

Según Gusmao (2005), este método permite clasificar los dispositivos, instalaciones y sistemas en función de su impacto típico, lo que resulta útil a la hora de optimizar el proceso de asignación de recursos. En función

del objetivo que haya que priorizar, existen varias formas de entender el término "crítico" y su definición de criticidad. En función de los objetivos y oportunidades de la empresa, se puede emplear una amplia gama de engranajes de criticidad desde esta perspectiva. El enfoque sugerido es un sencillo sistema de clasificación que produce resultados semicuantitativos y se basa plenamente en el concepto de riesgo (frecuencia de fallos por consecuencias).

Figura 2.2 Criterios para Evaluar la Matriz de Criticidad

$$\text{Criticidad Total} = \text{Frecuencia de fallas} \times \text{Consecuencia}$$

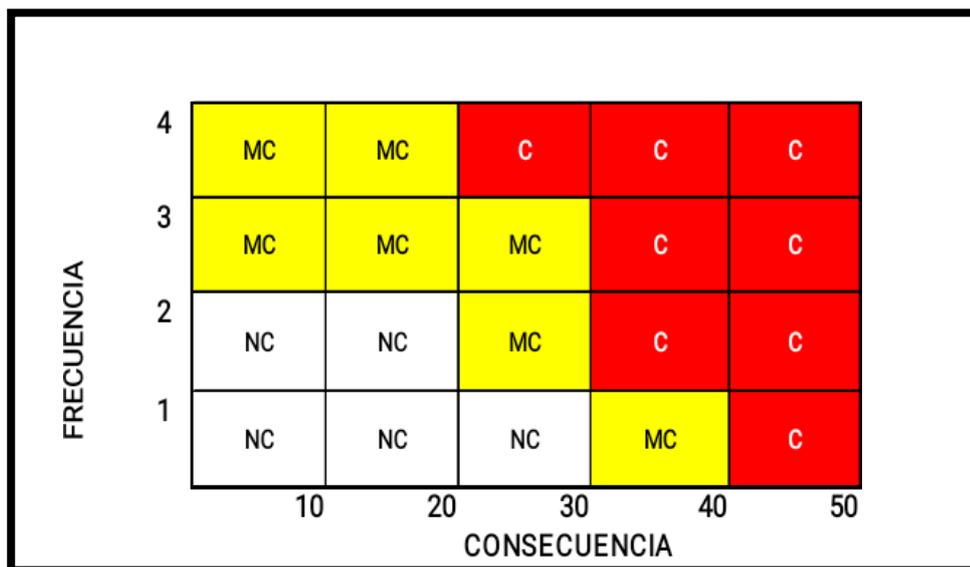
$$\text{Consecuencia} = ((\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costo Mtto.} + \text{Impacto SAH})$$

| Frecuencia de Falla: | | Costo de Mtto: | |
|--|----|--|---|
| Pobre mayor a 2 fallas/año | 4 | Mayor o igual 20000 \$ | 2 |
| Promedio 1 – 2 fallas/año | 3 | Inferior a 20000 \$ | 1 |
| Buena 0.5 -1 fallas/año | 2 | | |
| Excelente menos de 0.5 falla/año | 1 | | |
| Impacto Operacional: | | Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH): | |
| Pérdida de todo el despacho | 10 | Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización | 8 |
| Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas. | 7 | Afecta el ambiente / instalaciones | 7 |
| Impacta en niveles de inventario o calidad | 4 | Afecta las instalaciones causando daños severos | 5 |
| No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción. | 1 | Provoca daños menores (ambiente – seguridad) | 3 |
| Flexibilidad Operacional: | | No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente | 1 |
| No existe opción de producción y no hay función de repuesto. | 4 | | |
| Hay opción de repuesto compartido/almacén | 2 | | |
| Función de repuesto disponible | 1 | | |

Fuente: (De Gusmao 2005, p.47)

Valor máximo de criticidad a partir de factores ponderados en evaluación igual a 200). De Gusmao (2005)

Figura 2.3: Grado de criticidad



Fuente: (De Gusmao 2005, p.27)

NC=ÁREA DE EQUIPOS NO CRÍTICOS

MC=ÁREA DE EQUIPOS DE MEDIA CRITICIDAD

C=ÁREA DE EQUIPOS CRÍTICOS

2.3.2 Disponibilidad

La disponibilidad se define como la posibilidad de que un equipo funcione correctamente durante el tiempo necesario si se utiliza en condiciones estables Mora (2009, p. 67), la disponibilidad se calcula dividiendo la fiabilidad por el total de la fiabilidad y la mantenibilidad. Por lo tanto, para calcular la fiabilidad y la mantenibilidad, definimos las siguientes ecuaciones en términos de MTBF y MTTR. De Gusmao (2005) Formula de la disponibilidad.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \dots\dots\dots (2.1)$$

- La probabilidad de la maquinaria funcione de manera óptima es cuando sea necesario se conoce como disponibilidad. El tiempo que una máquina o un componente puede funcionar. El tiempo que se puede brindar servicio a un componente o máquina varía según las condiciones especificadas por el servicio prestado. Mora (2009)
- Esta disponibilidad solo considera daños, mal funcionamiento o pérdida de función por causas específicas del equipo porque no son exógenos. Utiliza el tiempo promedio entre fallas y el tiempo promedio de reparación. Esto es útil para supervisar las operaciones de mantenimiento correctivo no programadas Mora (2009)
- Es necesario un tratamiento profundo y preciso para el análisis riguroso y la definición de datos valiosos. La media del tiempo de disponibilidad de la máquina entre dos tareas de mantenimiento, la media del tiempo de disponibilidad de la máquina entre dos tareas de mantenimiento correctivo, la media del tiempo de disponibilidad de la máquina entre dos tareas de mantenimiento planificado, el tiempo medio de reparación y el programa de mantenimiento son los parámetros que se utilizan. Esto es útil si se desea vigilar el mantenimiento programado y las acciones correctivas de forma independiente; no siempre es necesario anotar los retrasos Mora (2009)

a) Confiabilidad

Según Pérez (2021, p. 23), define en que una maquina o sistema con la capacidad para en cumplir funciones requeridas específicas bajo un tiempo o período determinado. Es la probabilidad de que la máquina esté operando en todo el momento que necesite el usuario. Medir el tiempo libre de fallas para un periodo determinado. Permite, además conocer el grado de calidad del mantenimiento ejecutado o tiempo de servicio óptimo de acuerdo con las funciones definidas para equipos o procesos de la compañía o empresa.

Martínez y García (2017, p. 63) afirman que la frecuencia de averías dentro de un plazo específico determina la fiabilidad de un dispositivo el MTBF es el tiempo medio entre dos averías del equipo, y aumentarlo es algo que debería perseguirse porque daría lugar a menos interrupciones. Matemáticamente, es la relación entre el tiempo total disponible (horas acumuladas) y las horas acumuladas de intervenciones (tiempo de inactividad); el resultado se divide por el número de paradas (número de intervenciones), como dicen ambas fuentes. Se entiende que el indicador de fiabilidad, que se describe a continuación, está relacionado con el cálculo del MTBF. El tiempo medio entre fallos (MTBF) indica el intervalo medio entre dos averías del equipo. En esta página se indica que hay que aumentarlo para disminuir las interrupciones. En términos matemáticos, el MTBF es la relación entre la diferencia entre todo el tiempo disponible (horas totales) y el total de horas de intervenciones, dividido por el número de paradas (intervenciones) en el resultado.

Según Quevedo (2021), el MTBF es el tiempo medio que transcurre entre fallos que vuelven a ocurrir en un mismo equipo. Su interpretación matemática es el entrelazamiento de la divergencia de horas acumuladas (validez acumulada disponible) y las horas acumuladas de intervenciones (validez de inactividad). Un aumento del MTBF sería un objetivo porque significaría evitar interrupciones. Ambas fuentes indican que el resultado se reparte entre la policía de intervenciones (policía de paradas). Se entiende que el índice de fiabilidad influye en el funcionamiento del MTBF, y se limita de la siguiente manera: Quevedo (2021) formula de la mantenibilidad en termino MTBF

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Horas acumuladas del equipo} - \text{Horas acumuladas de intervenciones}}{\text{Número de intervenciones}} \dots (2.2)$$

b) Mantenibilidad

- Pérez (2021, p. 24), la mantenibilidad es la facilidad de realizar tareas de mantenimiento en un equipo o máquina, para así devolver a sus

condiciones de operación en el menor tiempo posible, utilizando procedimientos definidos.

- La mantenibilidad de Martínez y García es la probabilidad de que un equipo pueda repararse para que vuelva a funcionar tras una avería siguiendo las órdenes de trabajo de mantenimiento

La mantenibilidad se calcula utilizando el tiempo medio entre fallos (MTTR) y el tiempo total del mantenimiento,

- Sánchez (2022), el MTTR es una evaluación de la probabilidad de realizar una actividad de reparación en un tiempo determinado. Este indicador también se utiliza para medir la mantenibilidad, ya que cuanto menor sea el tiempo medio entre reparaciones, mayor será la probabilidad de que se solucione un fallo y, por lo tanto, mayor será la mantenibilidad.

Tiempo total dedicado a las intervenciones en los equipos: Es el tiempo dedicado al mantenimiento de los equipos.

Número de intervenciones: Es el número total de intervenciones en equipos realizadas en un periodo de tiempo determinado. Sánchez (2022) formula de la confiabilidad en termino MTTR.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de intervenciones al equipo}}{\text{Número de intervenciones}} \dots\dots\dots (2.3)$$

2.3.3 Contexto Operacional

Duffuaa (2002, p. 258), afirma que los problemas se pueden resolver recopilando mediante un enfoque científico y utilizando un formato que contenga los datos adecuados. Por lo tanto, se debe tener cuidado de utilizar los métodos correctos para recopilar los datos requeridos.

Según los autores, se puede concluir que la recolección de datos es importante ya que permite realizar análisis teniendo en cuenta los registros correctos para identificar problemas.

2.3.4 Análisis situacional

García (2010, p. 281), refiere a la determinación de la situación actual en una etapa previa, con el fin de saber en qué situación se encuentra la empresa al inicio del estudio. A través de auditorías podemos identificar aspectos clave, identificar oportunidades de mejora y saber dónde estamos y hacia dónde queremos llegar.

Centeno (2021, p. 64) plantean que el diagnóstico y análisis del estado actual permite identificar problemas a través de la observación directa en la recolección de datos que se analizan, por lo que se utiliza el diagrama de Ishikawa.

Según los autores, analizar una empresa antes de introducir mejoras requiere conocimiento de las cuestiones involucradas. Para ello, es necesario utilizar herramientas que le permitan identificar problemas en las empresas que está investigando.

2.3.5 Planificación

García (2010, p. 281), afirma que para decidir cuándo realizar una actividad es necesario planificar la ejecución de lo establecido en cada zona o ruta incluida en el plan creado.

Según los autores, la planificación requiere conocer el problema para poder crear un plan de mantenimiento y especificar detalladamente las actividades a realizar a través de una serie de pasos incluidos en el plan. período.

2.3.6 Ejecución

De acuerdo con García (2010, p. 281), al plantear y llevar a cabo el plan inicial, se debe asegurar que sea práctico, incluso si es imperfecto, ya que se debe llevar a cabo en lugar de buscar la perfección.

El autor afirma que, al ser la primera vez que se emplea nuestra idea, es necesario realizar y tener en cuenta la ejecución en su aplicación. No es ideal, pero su objetivo es mejorar la disponibilidad estableciendo

intervalos de mantenimiento y acciones hito para prolongar la vida útil de los neumáticos.

2.4 Definición de términos básicos

- **Falla:** es el estado en el que todos los componentes de un sistema o equipo dejan de funcionar, total o parcialmente. Según Martínez (2014), también puede definirse como una desviación de la calidad con respecto a su valor nominal. Las fallas pueden clasificarse como tempranas, tardías o adultas.
- **Mantenimiento:** Cualquier acción, o combinación de acciones, para inspeccionar, reparar, restaurar o arreglar el mal funcionamiento o daño de una aeronave, componente o equipo.
- **Disponibilidad:** Capacidad de un producto para funcionar de manera constante en diversas condiciones en cualquier momento.
- **Indicadores de gestión:** ofrecen una visión general de las órdenes de trabajo creadas durante un periodo de tiempo determinado.
- **Plan:** es la formulación metódica de un proyecto u objetivo creada antes de realizar una actividad para orientarla y encauzarla.
- **Gestión:** el acto de llevar a cabo acciones específicas que permiten el cumplimiento de un deseo u otra actividad.
- **Disponibilidad mecánica:** la proporción de tiempo que un aparato ha podido funcionar durante un periodo de tiempo determinado.
- **Tiempo medio entre fallos (MTBF):** cantidad de tiempo que transcurre entre fallos de una duración determinada.
- **Tiempo medio de reparación (MTTR):** tiempo medio necesario para reparar un defecto, independientemente de su origen.
- **El mantenimiento correctivo,** que se remonta a la primera generación de mantenimiento, es el tipo más fundamental de mantenimiento y se realiza para arreglar los defectos encontrados en los activos.

- **Mantenimiento preventivo:** salvaguardar los activos de la empresa actualizándolos y reparándolos de forma que se garantice su correcto funcionamiento.
- **El mantenimiento predictivo:** es un método que utiliza equipos especializados para poder prever el fallo de un componente basándose en sus características de funcionamiento existentes.
- **Mantenimiento proactivo:** pretende abordar las razones subyacentes del mal funcionamiento de los activos.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en los neumáticos para incrementar la disponibilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una unidad minera en el sur – 2023

3.1.2 Hipótesis específicas

- La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en los neumáticos para incrementar la confiabilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una minera en el sur – 2023
- La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en los neumáticos para incrementar la mantenibilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una minera en el sur - 2023

3.2. Operacionalización de las variables

Tabla 3.1 Matriz de operacionalización de variables.

| VARIABLES | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Índice | Técnica/o instrumentos |
|---|--|---|----------------------|----------------------------------|---------------------------------|---|
| Plan de mantenimiento preventivo | "El mantenimiento preventivo es el conjunto de trabajos y actividades básicas de inspección que buscan anticiparse a la ocurrencia de un problema o falla, estas actividades son planificadas en el tiempo con una determinada frecuencia, buscando fortalecer puntos frecuentes de averías, localizando vulnerabilidades, reemplazando componentes u equipos antiguos o desgastados con altas horas de trabajo" (Montilla 2016, p. 33). | El mantenimiento preventivo desarrolla labores de control cumpliendo tareas para evitar fallos inesperados. El primer paso es la recolección de datos y establecer un historial de fallas del equipo o componente y así planificar estrategias de control, según el tiempo de vida, buscando mejorar los indicadores. | Contexto operacional | Área de mantenimiento de equipos | m2 (Área) | |
| | | | | Inventario de equipo | Reportes | |
| | | | | | | Diagrama Ishikawa |
| | | | Análisis situacional | Estado de equipos | % (Porcentajes) fallas, paradas | |
| | | | | | Actividades de mantenimiento | Reportes diarios |
| | | | Planificación | | | |
| | | | | Programas | Cumplimientos | Análisis documental/ Ficha de observación |
| | | | | Aplicación | Indicadores de mantenimiento | Reportes diarios |

| | | | | | |
|-----------------------|---|--|----------------|---|---|
| Disponibilidad | La disponibilidad se define como la probabilidad de que el equipo | Medida del grado de | Confiabilidad | (Tiempo total funcionamiento / Numero de fallas) | Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) |
| | funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido dependiendo de las condiciones | funcionalidad y presencia medida en función de tiempos de funcionamiento | | | |
| | establecidas del servicio que se brinda. Mora G. (2009) | pleno, paradas y reparación. | Mantenibilidad | (Tiempo total de inactividad / Numero de fallas) | Tiempo promedio para reparación (MTTR) |

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

La presente investigación es de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo, de diseño: pre experimental.

- **Tipo aplicado:**

Se refiere a la búsqueda de saber hacer, actuar, construir y modificar una realidad específica, por lo que se propone soluciones concretas, reales, factibles y necesarias a las necesidades problemáticas que presenta Valderrama (2013, p. 164), por lo tanto, el objetivo de la investigación es desarrollar un plan de mantenimiento que implemente la mejora de la disponibilidad de los neumáticos de volquetes en una minera del sur en el año 2023.

- **Diseño del estudio experimental:**

Se refiere a manipular deliberadamente a una variable independiente para tener un impacto en una variable dependiente. De acuerdo con Valderrama (2013, p. 174), este estudio es experimental debido a manipulación de la variable independiente (el plan de mantenimiento preventivo), para realizar un análisis de la información recolectada y tener un historial de mantenimiento de los neumáticos en los volquetes, para determinar la variable dependiente. Las expectativas aumentan, especialmente la disponibilidad.

- **Fase preexperimental:**

El diseño grupal establece un pre-test y un pos-test, lo que significa que hay tres fases. En primer lugar, se realiza una prueba preliminar para medir la variable dependiente, y luego se realiza una prueba posterior para medir la variable dependiente, según Valderrama (2013, p. 60), el estudio examinará un conjunto de diseños de prueba previa y posterior a medida que se recopilarán datos antes del plan de mantenimiento y

después de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo en neumáticos para el volquete. Esto permitirá observar el aumento de disponibilidad requerido.

- **Enfoque cuantitativo:**

Se refiere a la recolección y análisis de datos para encontrar respuestas objetivas a preguntas de investigación mediante el uso de métodos estadísticos para determinar si las hipótesis propuestas son verdaderas o falsas. Valderrama (2013, p. 111), Se recopilarán y medirán datos para analizar los fenómenos de los neumáticos de volquete para aumentar la disponibilidad en los neumáticos.

- **Investigación longitudinal:** investigar los cambios en una variable durante un período de tiempo determinado o las relaciones entre estas variables. Entre ellos, se distinguen tres categorías de diseño longitudinal (tendencia, evolución y panel) Valderrama (2013, p. 71), dado que se utilizará la misma muestra (llantas de camión volquete) para continuar midiendo todos los tiempos utilizados y descritos en el programa de mantenimiento preventivo de neumáticos, este estudio utilizará un estudio longitudinal de panel.

4.2. Método de investigación.

El método de investigación es analítico y sintético, es decir, el objeto de investigación se descompone, se estudia individualmente y luego se unifica para estudiar los hechos de manera global e integral.

4.2.1. Método analítico.

Valderrama (2013, p. 98), indica que se trata de dividir el todo en sus partes individuales para ver las relaciones y efectos. Para comprender la naturaleza es necesario comprender el fenómeno u objeto de estudio. Nuestro estudio examinará el neumático en su conjunto, así como las partes de la rueda, en términos de mecanismos de control, sistemas de seguridad, etc. Podemos analizar qué componentes funcionan bien e

identificar fallas comunes en los componentes de neumáticos.

4.2.2. Método Sintético.

El autor afirmó que prefería completar su análisis reconstruyendo el todo a través de sus elementos parciales. De acuerdo con Valderrama (2013, p. 98), para la investigación, la reconstrucción de elementos nos permitió identificar las relaciones entre elementos relacionados y realizar un análisis de las causas de fallas que encontramos en las llantas del camión volquete 4144K para mejorar la disponibilidad.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

Los autores creen que es importante definir la población que se está estudiando. Si la población de estudio es pequeña, todos sus miembros deben ser estudiados, pero si es grande, se recomienda tomar una muestra representativa. Namkforoosh (2002, p. 77)

Según Horna & Vara (2012), sostiene que es esencial diferenciar entre los participantes del grupo en la investigación. Los criterios de inclusión y exclusión son los límites que separan a los participantes de un estudio. Las muestras estudiadas deben comportarse normalmente, es decir, solo el programa de mantenimiento preventivo afectará los neumáticos de la empresa estudiada, no otras fallas causadas por una operación inadecuada por parte del operador u otros factores. En neumáticos sin piezas de mantenimiento.

De acuerdo con lo mencionado, la población que conforma la presente investigación son 25 volquetes, compuestos por 12 neumáticos cada uno durante un período de 6 meses, el pre test de enero a marzo del 2023 y el post test de abril a junio del presente año, según la limitación temporal.

4.3.2. Muestra

Collado y Baptista (2020) mencionan que la muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población.

Por ende, la muestra se va a desarrollar de manera censal al incluir a toda la población lo cual está conformada por neumáticos 25 volquetes por 12 neumáticos cada uno.

- Volquete Actros

El volquete minero de marca Mercedes Benz, año de fabricación 2017. Según (Divemotor, 2020) es un modelo reciente.

Se utiliza en minas de cobre, carbón, oro o mineral de hierro.

Tiene una longitud de 7 metros, un ancho de 2.5 metros y una altura de 3.3 metros, con un peso total de 40 toneladas. (DUFFUAA, 2002)

Características del Actros 4144K

- Motor: OM 501 LA Euro III electrónico

- Tipo: V6 / Turbo

Neumáticos

La función principal de los neumáticos es hacer contacto total con el suelo, utilizando tracción y fricción para lograr el arranque, el frenado y la dirección. La parte de goma blanda que se infla y se llena de aire es la cámara de aire, que constituye el único punto de contacto del vehículo con el suelo.

Por tanto, la capacidad de la rueda para realizar otras funciones principales también depende en gran medida del neumático: agarre, dirección, amortiguación, estabilidad, soporte de carga.

Figura 4.1 Vista de la composición de un neumático



Fuente: (Andrés, 2017, p. 12)

Sin embargo, para que esto sea factible, el estado del neumático debe ser correcto -no puede tener cortes, grietas ni deformaciones- y su presión de inflado debe ser suficiente. Además, tenga en cuenta no conducir a más de 25 km/h cuando el volquete esté funcionando con su peso máximo. Este tipo de volquete puede transportar un peso máximo de 40 toneladas métricas. Tengo que admitir que un mal mantenimiento de la vía tiene un impacto directo en el bajo rendimiento de los neumáticos.

Neumáticos convencionales

Su característica distintiva es la estructura diagonal de la carcasa, que se consigue disponiendo las capas de modo que sus cabos formen un ángulo hacia la línea central y se crucen entre sí. Las capas están formadas por tejidos de fibras textiles. El tamaño del neumático y el peso que debe soportar determinan el número de capas necesarias. La banda de rodadura y los flancos tienen el mismo número y grosor de capas. Cueto (2018).

Neumáticos radiales

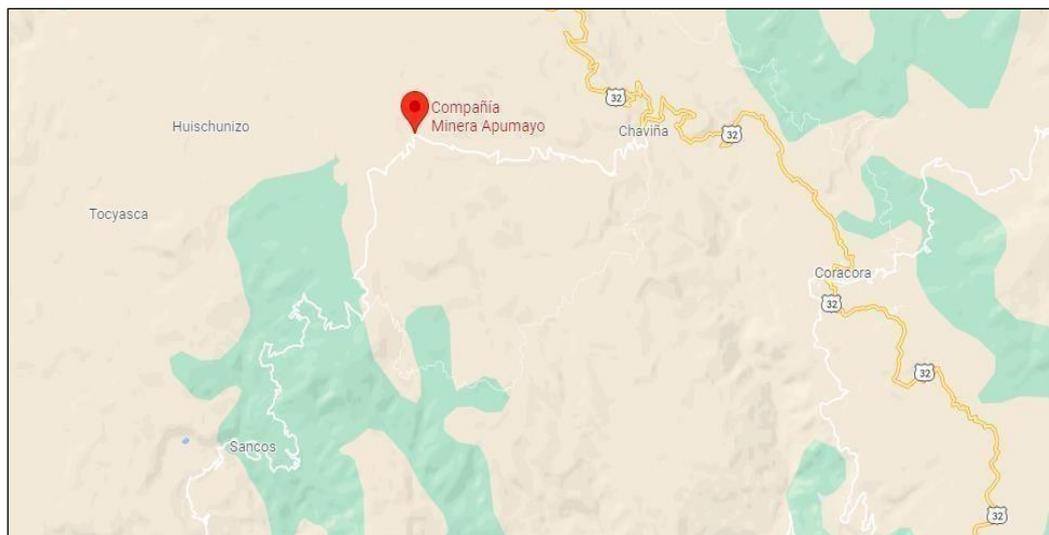
La estructura diagonal de la carcasa, que se produce colocando las capas de modo que sus extremos formen un ángulo hacia la línea central y se crucen entre sí, es lo que la hace única. Las capas están formadas por fibras textiles tejidas. La cantidad de lonas necesarias depende del tamaño del neumático y del peso que debe soportar. El número y el grosor de las capas en la banda de rodadura y los flancos son los mismos. Cueto (2018).

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de una minera en el sur de país. El desarrollo del estudio es de doce meses, las cuales inician la prueba de pre test del 01 de enero al 30 de junio 2022 y post prueba del 01 de enero al 30 de junio del presente año 2023.

Esta compañía se ubica en los distritos de Chaviña y Sancos, provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho en Perú.

Figura 4.2 Lugar de estudio y período desarrollo.



Fuente: Google Maps

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

Como señala Hernández (2018), una metodología de investigación es un procedimiento que permite utilizar un método de recolección de datos para examinar un fenómeno. En la investigación se empleó como técnica el análisis documental, utilizando fichas de registro de todos los eventos y sus características, así como fichas de observación e informes. Del mismo modo, se empleó una técnica de revisión bibliográfica, que sirvió de apoyo a todas las cuestiones planteadas durante la investigación.

Los instrumentos de recolección de datos, según los autores Yuni & Urbano (2014, p. 33), son herramientas que permiten a los investigadores observar y/o cuantificar sucesos empíricos; son artefactos hechos para registrar información sobre la realidad. Utilizaremos la ficha de observación para recoger datos.

4.6. Análisis y procesamiento de datos.

El análisis de datos para la investigación se divide en tres etapas

1. Inicialmente el pre estudio de campo lo cual es revisar los estudios como antecedentes de la investigación en el ámbito nacional e internacional, en los distintos repositorios virtuales, referente a las variables en estudio.
2. En la segunda etapa estudio de campo se realizará para obtener la información de la recolección de datos por medio de la ficha de observación, reportes, determinando el nivel de disponibilidad de la flota de volquetes en la población determinada en el estudio, a raíz de ello se determinará un promedio mensual de todos los volquetes, determinando el porcentaje para cada variable y dimensión planteada en las hipótesis.
3. Finalmente, la etapa post estudio de campo con los datos obtenidos,

se empleará el programa Microsoft Excel para procesar la información obtenida de los instrumentos de medición antes mencionados, representando por medio de tablas y gráficos estadísticos, asimismo se empleará el programa SPSS 26 realizando el análisis inferencial, permitiendo tener más conocimiento de las variables en estudio.

4.6.1 Contexto operacional

La compañía inicia sus labores en el año 2000 con capital peruano. actualmente es una de las compañías líder en alquiler de maquinaria y encargado de transporte minero a lo largo del territorio peruano, conformado por una flota propia de maquinaria y equipo que permite realizar sus labores, actualmente con 25 camiones volquetes Actros 4144K Mercedes Benz, de los cuales el área de mantenimiento y reparación de equipos realiza sus labores independientes, por otra la labor principal de la maquinaria de la compañía es realizar el acarreo de material.

- **Acarreo:** Es una operación que consiste en trasladar el material producto de la perforación, al volquete utilizando cargadores entre otros equipos para ser finalmente trasladados a un lugar determinado.

Figura N°4.3 Acarreo de material.



- **Área de mantenimiento de equipos**

El área de mantenimiento de equipos es de 40 m² para realizar labores preventivas y correctivas.

Figura N°4.4 Área de mantenimiento



Por otra parte, el área de neumáticos cuenta con una expansión de 30 m², está siendo limitada para realizar los trabajos correspondientes.

Figura N°4.5 Área de mantenimiento de neumáticos.



- **Inventario del equipo Volquetes**

Se cuenta con una flota de 25 camiones volquetes Actros 4144K Mercedes Benz, para realizar el alquiler de maquinaria para la operación de la minería.

Estos equipos se detallan a continuación.

Figura N°4.6 Inventario de equipo

| Codigo Unidad | Medida | Estado N/R | Construccion | Marca Vehiculo | ModeloVehiculo | TipoVehiculo | Grupo | Configuracio- |
|---------------|----------|------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|
| VL-01 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-03 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-04 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-13 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-15 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-16 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-17 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-18 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-181 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-189 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-19 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-191 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-194 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-195 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-198 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-199 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-20 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-200 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-201 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-202 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-203 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-204 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-206 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |
| VL-209 | 12.00R24 | ORIGINAL | RADIAL | MERCEDEZ BENZ | ACTROS 4144K | Camion Volquete | EQUIPO PESADO | 8X4 |

Marca: Bridgestone de medida: **12.00R24 L317 E4**

Figura N°4.7 Modelo de neumáticos.



| FICHA TÉCNICA | | CARÁCTERÍSTICAS | |
|---------------------|---------------------|------------------------------|------|
| MARCA | SUPERCARGO | DIAMETRO | 1226 |
| MODELO | SC305 | ANCHO DE SECCIÓN | 12 |
| MEDIDA | 12.00R24 | TAMAÑO ARO | 9.5" |
| DISEÑO | TRACCEN - POSTERIOR | PROFUNDIDAD ZURCO | 175 |
| APLICACIÓN | MINERO | INDICE DE CARGA | |
| GARANTÍA | 5 AÑOS | INDICE DE VELOCIDAD | F |
| TIPO DE TERRENO | | POSICIONES PERMITIDAS | |
| REGRABABLE | SI | | |
| PAIS DE PROCEDENCIA | CHINA | | |

- Tipo de neumático usado en la experiencia:
Bridgestone de medida **12.00R24 L317 E4**

El neumático radial para eje motriz fuera de carretera L317 12.00R24 ha sido diseñado pensando en condiciones exigentes. Se incorporaron características especializadas para que este neumático de tracción OTR tenga un buen desempeño bajo condiciones de exigencia. El agresivo diseño de tacos de la banda de rodadura proporciona un agarre firme a la vez que la banda de rodadura profunda original brinda tracción y una prolongada vida útil.

Aro del neumático:

Figura N°4.8 Aro del neumático.



En la investigación se usaron aros de hierro y en el mercado existen también aros de aleación conocidos como aros de magnesio, estos fueron descartados dado que su uso es de estética y no de carga en comparación a los aros de hierro que son de carga y trabajos bruscos.

Aros de Hierro:

Los aros de hierro tienen dos grandes ventajas: son más asequibles y son más duraderos que sus contrapartes de aleación. En términos de esta última, es casi imposible romper un aro de hierro, una característica que lo convierte en una opción ideal para vehículos cuando se conduce en condiciones o terrenos más difíciles.

La otra desventaja principal es que los aros de hierro pesan considerablemente más que los de aleación. Este exceso de peso puede potencialmente disminuir el centro de gravedad de un vehículo y generar mayor desgaste en la suspensión. También pueden afectar negativamente la economía de combustible de un carro, generando costos adicionales a largo plazo, y causar problemas de manejo y aceleración. Los aros de hierro pueden ser una opción ideal durante todo el año para vehículos que regularmente trabajan fuera de la carretera y camiones de trabajo pesado. Sin embargo, al no tener una buena

disipación del calor debido a su material, generan mayor impacto y desgaste en las llantas.

Reencauche

Banda de rodamiento modelo IZH

Las bandas Indelband son reconocidas en el mercado por contar con el mayor rendimiento kilómetros recorridos/milímetros desgastados.

Estas bandas de rodamiento son formuladas apuntando en dos propiedades físicas importantes. La primera es la resistencia a la abrasión la cual brinda los más altos rendimientos kilómetros recorridos/milímetros desgastados. Seguidamente, se vigila la resiliencia, la cual es una medida física que da una relación entre la elasticidad y plasticidad de un material. Mientras más elástico es un material este no absorbe la energía impartida en forma de calor.

Figura N°4.9 Rendimiento de los neumáticos

| EJE DELANTERO - ORIGINAL | | | | | |
|------------------------------|-------------|-------------|-----------|------------------|---------------------|
| DESCRIPCION | MODELO | MARCA | MEDIDA | PROYECTADO \$/Hr | PROYECTADO DE HORAS |
| Volquete | Actros 4144 | Bridgestone | 12.00R24 | \$0.1250 | 4383.0 |
| EJE POSTERIOR - REENCAUCHADA | | | | | |
| DESCRIPCION | MODELO | MARCA | MEDIDA | PROYECTADO \$/Hr | PROYECTADO DE HORAS |
| Volquete | Actros 4144 | Goodyear | 325/95R24 | \$0.0602 | 2534.0 |
| Volquete | Actros 4144 | Techking | 12.00R24 | \$0.0721 | 2158.0 |
| Volquete | Actros 4144 | Boto | 12.00R24 | \$0.0729 | 2162.0 |
| Volquete | Actros 4144 | Goodyear | 12.00-24 | \$0.1305 | 1165.0 |

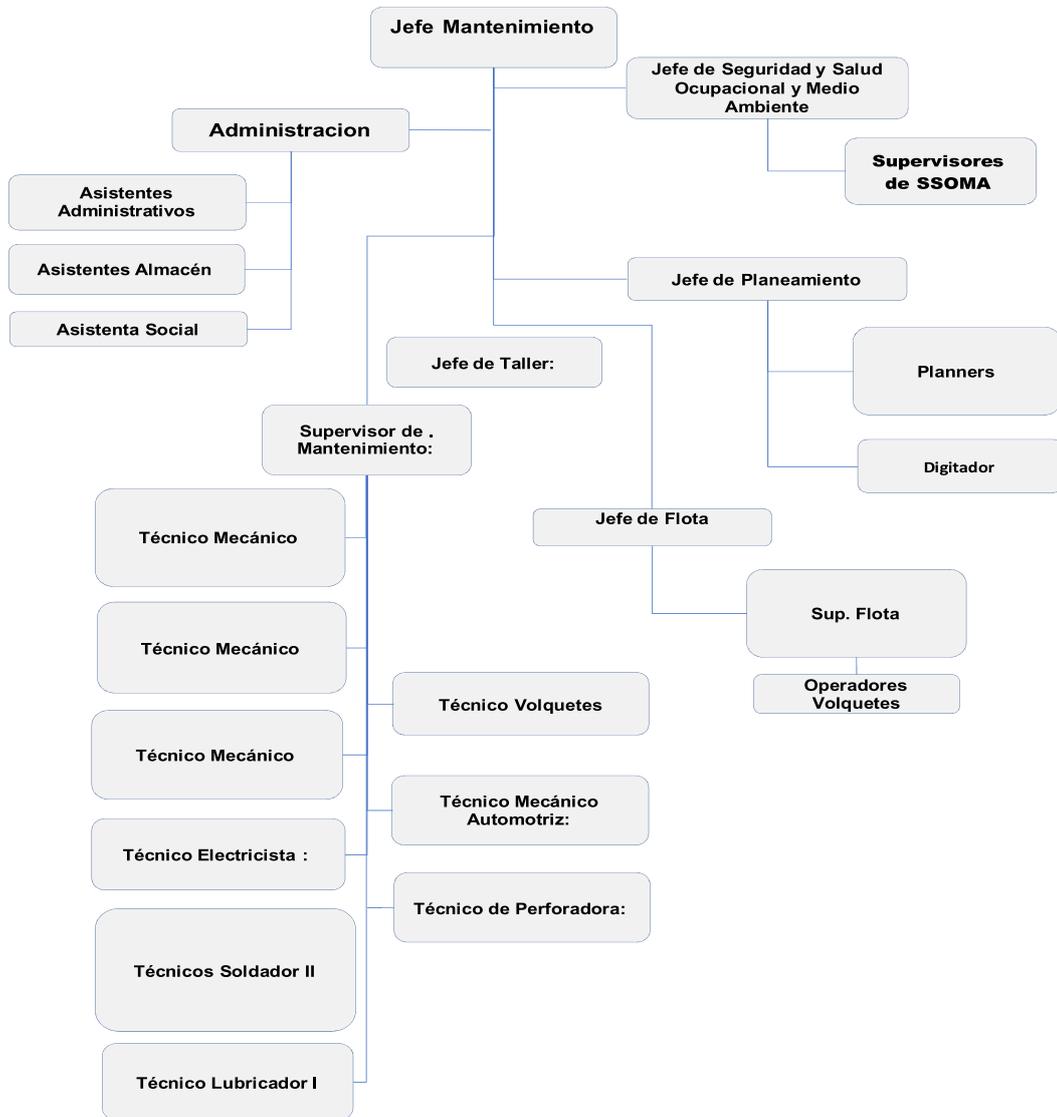
- Precio de Neumáticos

Llanta 1200R24 L355- Bridgestone \$ 485.66

Llanta reencauche IZH- 255/12R24 \$138.86

4.6.2. Análisis situacional.

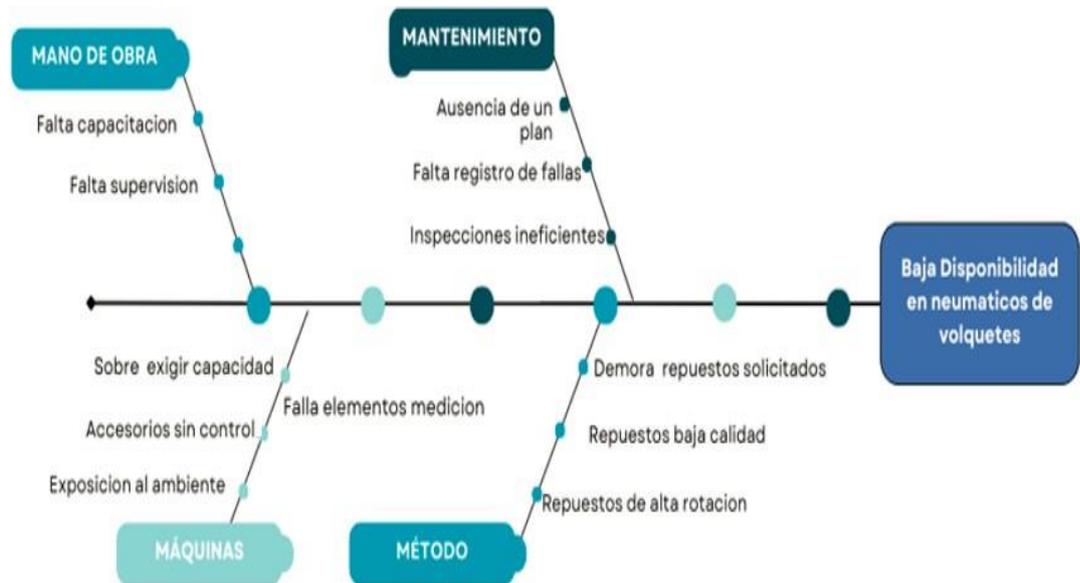
Figura N°4.10 Organigrama del Área de mantenimiento.



Según el Organigrama presentado de cada departamento de la organización, el área de mantenimiento cuenta con un director o jefe de mantenimiento, supervisor de mantenimiento, técnicos mecánicos y electricistas soldador y lubricadores, sin embargo, se verifica los escasos de un técnico especialista en neumáticos, y falta de procedimientos estandarizados en el área.

- Diagrama de Ishikawa

Figura N°4.11 Diagrama de Ishikawa



El diagrama de Ishikawa permite identificar cuáles son los problemas en las organizaciones o en dicha área en dicha área de neumáticos de la compañía nos hay un plan de mantenimiento, falta de registro de fallas, inspecciones ineficientes, falta de personal calificado, todo ello disminuye la disponibilidad de la flota de volquetes, se obtuvo la información existente de la flota de volquetes en un periodo de 6 meses del 2022 para luego ser comparados después de la implementación del plan de mantenimiento empleados en el 2023, los cuales son descritas a continuación.

4.6.3. Recolección de información

En la recolección de información se extrajo la información de la organización sobre el grado de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (ver anexo 5).

Tabla 4.1 Grado de confiabilidad de la flota de volquetes

| MES | ANTES |
|------------|--------------|
| ENERO | 51.01 |
| FEBRERO | 29.92 |
| MARZO | 43.45 |
| ABRIL | 42.12 |
| MAYO | 40.23 |
| JUNIO | 33.39 |

Tabla 4.2 Grado de mantenibilidad de la flota de volquetes

| MES | ANTES |
|------------|--------------|
| ENERO | 6.45 |
| FEBRERO | 4.66 |
| MARZO | 6.44 |
| ABRIL | 5.89 |
| MAYO | 5.84 |
| JUNIO | 4.93 |

Tabla 4.3 Grado de disponibilidad de la flota de volquetes

| MES | ANTES |
|------------|--------------|
| ENERO | 88.77 |
| FEBRERO | 86.52 |
| MARZO | 87.09 |
| ABRIL | 87.73 |
| MAYO | 87.32 |
| JUNIO | 87.13 |

Con respecto a la información recabada de la compañía en las tablas 4.1, 4.2, y 4.3; sobre la confiabilidad, mantenibilidad respectivamente esta información recabada en los meses del 2023, lo cual refleja un reportes de las fallas iniciales los cuales constituyen un historial que se debe tener en cuenta en el plan de mantenimiento, y gestionar de una manera eficiente para disminuir el total de

tiempo en mantenimiento de la maquinaria y la cantidad de reparación, el total de horas de trabajo, así como las reparaciones correspondientes.

En la compañía minera carece de historial de mantenimiento en fichas técnicas que brinden la información de la maquinaria, equipos, donde se estipulen las actividades de mantenimiento, en las actividades de mantenimiento no hay un cronograma de mantenimiento preventivo o correctivo a realizar, tan solo se registran las veces de mantenimiento y el tiempo de estas con el fin de mejorar los tiempos

El plan de mantenimiento se enfocó en hallar un área de oportunidad, para mejorar el proceso productivo del área correspondiente o la más careciente que restringen mayor disponibilidad de la flota de volquetes de la organización.

Esta área es la de neumáticos debido a los procesos no estipulados en el área debido a realizar de manera empírica por medio de una inspección visual, determina que realizar, y cada técnico realizar en base a su experiencia de manera individualizada.

Objetivos de plan de mantenimiento preventivo.

- Mejora del control de los procesos y la estandarización de criterios de operación en neumáticos.
- Simplificación y eficiencia de principales procedimientos.
- Potenciar la utilización de herramientas existentes.
- Reestructuración de tareas y balanceo de cargas de trabajo.
- Capacitación a todo nivel de supervisión de las áreas de alcance.

Figura N°4.12 Programa de mantenimiento.



Este es un sistema que permita la programación de mantenimiento preventivo para incrementar las actividades a realizar y tener un mejor control de los mantenimientos y supervisión de este en el área de neumáticos.

Se realiza formatos en el programa para estandarizar los procesos por medio de formatos de orden de trabajo el cual permitirá tener un historial en el área de neumáticos, y por medio de un equipo logren evaluar los mejores resultados e implementen como proceso a realizar en cada falla frecuente.

Formato de orden de trabajo no planificado

Este formato indica que tipo de trabajo se va a realizar; por emergencia correctiva a realizar, o algún factor externo si estas no se corrigen afectan directamente a la disponibilidad de la flota sin embargo con esto se va a tener un orden y mayor historial de ordenes de trabajo realizada.

Figura N°4.13 Formato de orden de trabajo no planificada

| | | |
|----------|-------------------------|-----------|
| COMPANIA | ORDEN DE TRABAJO | Nro de OT |
| | | |
| | Fecha de Ot | |
| | MTO-2023-01-01 | |

| | | | | | |
|------------|--|--------------|--|-------------|--|
| PLACA: | | KILOMETRAJE: | | TIPO DE OT: | |
| PRIORIDAD: | | HOROMETRO: | | TALLER: | |

| | | | |
|-----------------------|---|----------------------|---|
| FECHA Y HORA INGRESO: | / | FECHA Y HORA SALIDA: | / |
|-----------------------|---|----------------------|---|

| | |
|-------------------------|--|
| DESCRIPCION DEL REPORTE | |
|-------------------------|--|

| | | | |
|------------|--|------------|--|
| CONDUCTOR: | | OPERACIÓN: | |
|------------|--|------------|--|

| | | | | | |
|----------------|--|---------|--|--------|--|
| MODO DE FALLA: | | | | | |
| FALLA: | | | | | |
| CAUSA: | | OPERAC: | | H.FIN: | |
| SOLUCION: | | | | | |

| CONDUCTOR | SUPERVISOR DE OPERACIONES | SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO | DIRECTOR DE MANTENIMIENTO |
|----------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| _____ FIRMA | _____ SELLO Y FIRMA | _____ SELLO Y FIRMA | _____ SELLO Y FIRMA |

Formato de orden de trabajo planificado.

Este formato indica el trabajo que va a realizar; por mantenimiento de rutina,

mantenimiento preventivo, o monitoreo de condiciones, estas deben ser estructuradas por el jefe de mantenimiento y supervisión por parte del auditoria

Figura N°4.14 Formato de orden de trabajo planificada

| | | | | |
|----------|-------------------------|--|-------------|--|
| COMPANIA | ORDEN DE TRABAJO | | Nro de OT | |
| | | | | |
| | MTO-2023-01-01 | | Fecha de Ot | |

| | | | | | |
|------------|--|--------------|--|-------------|--|
| PLACA: | | KILOMETRAJE: | | TIPO DE OT: | |
| PRIORIDAD: | | HOROMETRO: | | TALLER: | |

| | | | |
|-----------------------|---|----------------------|---|
| FECHA Y HORA INGRESO: | / | FECHA Y HORA SALIDA: | / |
|-----------------------|---|----------------------|---|

| | |
|-------------------------|--|
| DESCRIPCION DEL REPORTE | |
|-------------------------|--|

| | | | |
|------------|--|------------|--|
| CONDUCTOR: | | OPERACIÓN: | |
|------------|--|------------|--|

| | | | | |
|------------|-----|-------------|---------|-----|
| ACTIVIDAD: | | | | |
| RQ | SKU | DESCRIPCION | CANT.RQ | OBS |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | |
|-----------------------|---|----------------------|---|
| FECHA Y HORA INGRESO: | / | FECHA Y HORA SALIDA: | / |
|-----------------------|---|----------------------|---|

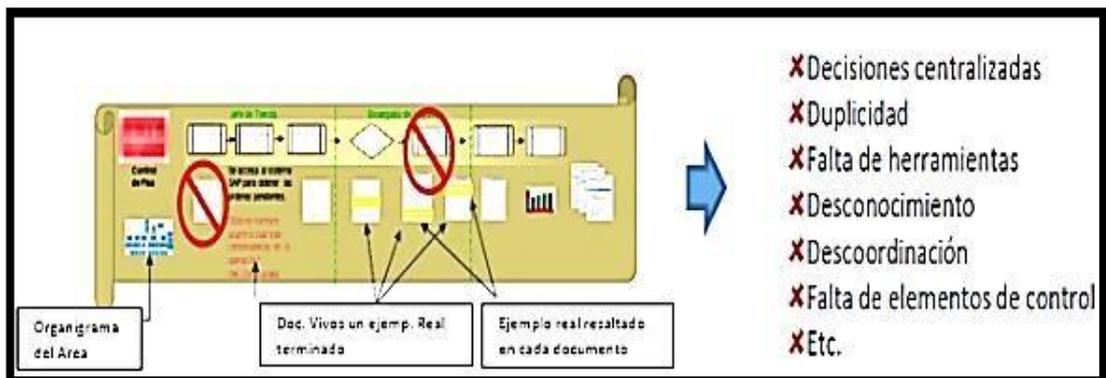
| | | | |
|---------|---------------|-----------------------------|-----------------|
| TECNICO | TECNICO 02 | SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO | JEFE DEL TALLER |
| | | | |
| _____ | _____ | _____ | _____ |
| FIRMA | SELLO Y FIRMA | SELLO Y FIRMA | SELLO Y FIRMA |

Aviso de mantenimiento

Este formato permite realizar un aviso y una alerta, donde nace la solicitud del requerimiento del área de mantenimiento, este presenta y detalla las fallas actuales en la maquinaria estas reportadas por el conductor.

- Eliminar actividades de poco o nulo valor agregado que se realizan en su trabajo diario. Definición y diseño de nuevas herramientas de administración estandarizadas.
- Toma de decisiones basados en un modelo sistemático de seguimiento

Figura N°4.16 Mecanismo de gestión empleados.



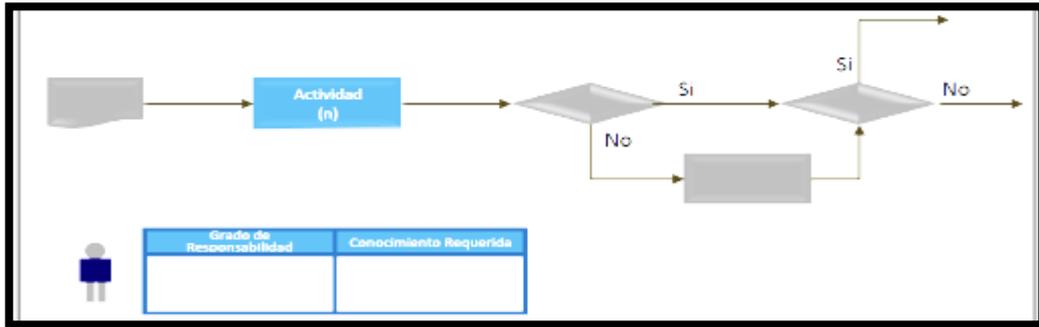
El resultado del análisis debe ser el clarificar de una forma muy concreta y consensuada las áreas de oportunidad de mejora que serán la base en el diseño y/o ajuste del renovado procedimiento estándar.

Figura N°4.17 Nuevos mecanismos de gestión



Como base de la simplificación de tareas es permitir no generar diversas formas de corregir un mantenimiento. Sino a través del proceso más adecuado, generando mayor productividad y disponibilidad de los equipos.

Figura N°4.18 Definición de roles y responsabilidades



Se asignan las actividades a cada puesto dentro de la estructura orgánica con el perfil adecuado para ejecutarla consensuando así los roles y responsabilidades de cada puesto.

Figura N°4.19 Capacitación al personal de nuevos procedimientos estandarizados a realizar



Como parte de la inducción al personal con nivel de Supervisor (con gente a su cargo), la capacitación contempla elementos fundamentales de una supervisión efectiva. Esto permite fortalecer el nivel de aceptación e implementación de los renovados modelos (permanencia de la implementación). Asimismo, se programan las sesiones de inducción y se transmite el conocimiento de funcionalidad y utilización de los nuevos modelos a todos los responsables y

asimismo se capacita a los técnicos de mantenimiento, cuáles son los procesos a emplear en adelante.

Procedimiento de hojas de ruta del supervisor.

Como parte del plan de mantenimiento se debe formar un grupo supervisor de mantenimiento con la finalidad de supervisar el área involucrada auditar los procedimientos a realizar ser aprobados por los mismos y presentar mejoras a los mismos, Tener en cuenta el inflado de los neumáticos, Presión de aire, Duración de neumáticos, Tiempo de reencauche

Por ello se iniciará el grupo supervisor con participantes altamente capacitados teniendo en cuenta a los más eficientes, y que estos se involucren en diversas áreas, se realizará la convocatoria y se formará este grupo con el fin de estandarizar los procesos a seguir y mejoras a implementar.

| NOMBRE DE REGISTRO | RESPONSABLES DE CONTROLAR | Tiempo de Conservación |
|--------------------------|---------------------------|------------------------|
| Acta de grupo supervisor | ● Grupo Supervisor | Indefinido |

Se procedió a realizar la elaboración de procedimientos de equipos en etapa crítica en base a recomendaciones del fabricante y eficientes procedimientos de manera empírica con el pasar del tiempo, se comprende la selección de las tareas asignadas al personal, selección de maquinaria del área y planes de mantenimiento periódicos en un tiempo determinado.

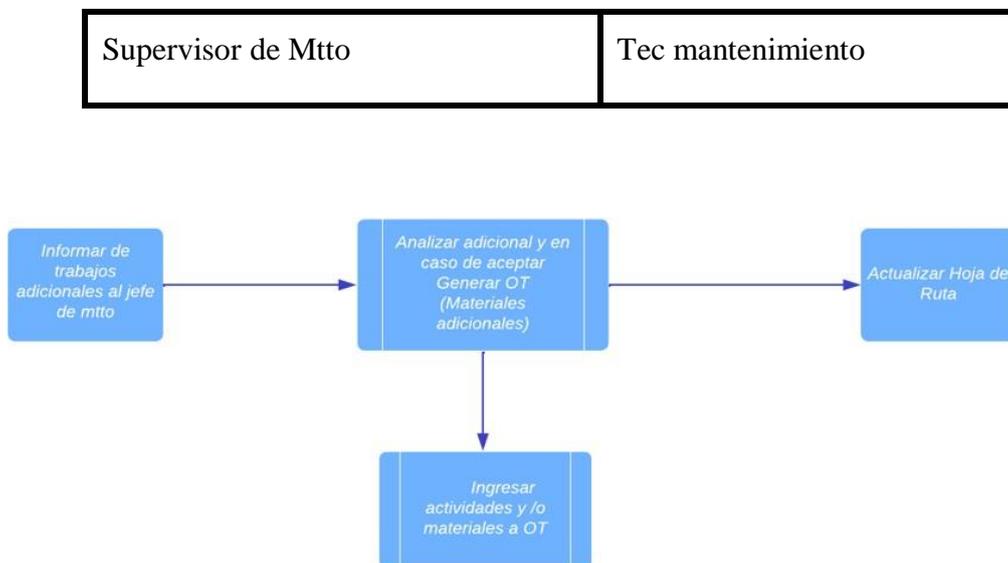
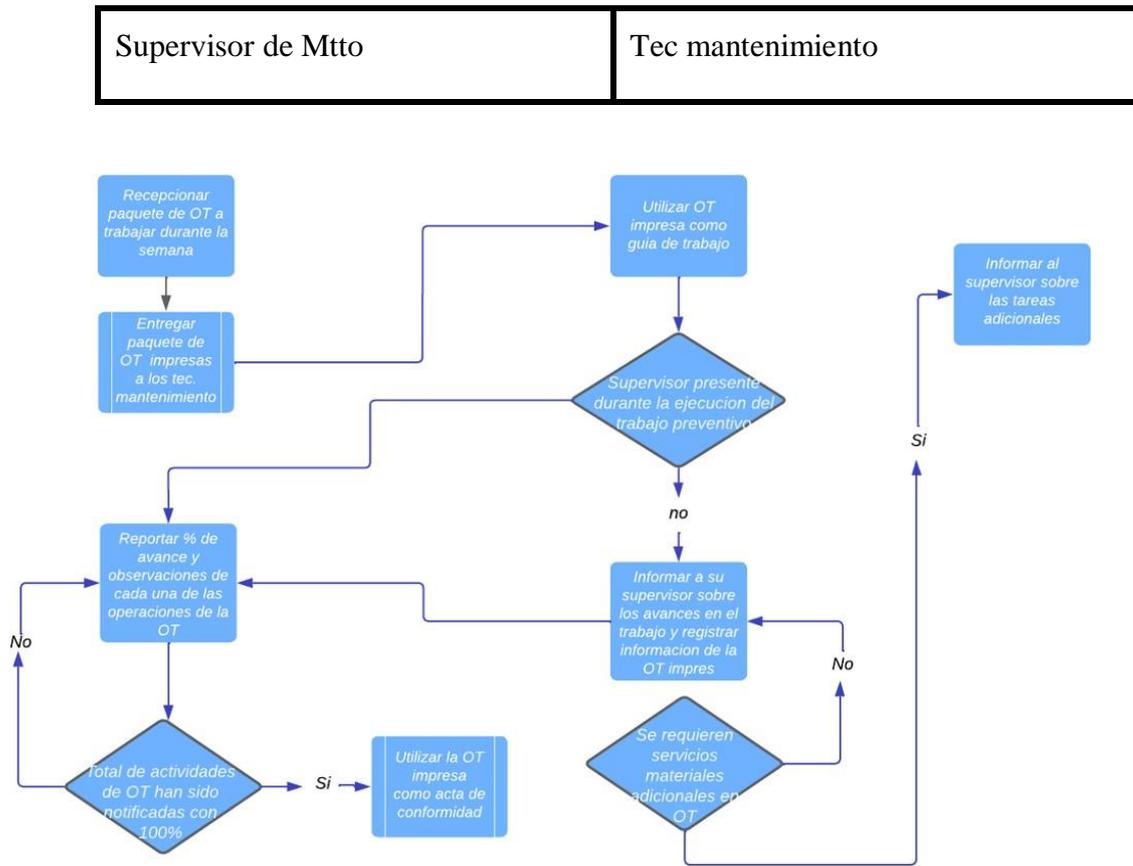
- Los responsables son el director de mantenimiento
- Grupo supervisor

Tabla 4.4 Descripción del procedimiento y ejecución del programa de mantenimiento preventivo

| Item | Ordenes de trabajo | Responsables | Ejecutando |
|------|---|--|---|
| 1 | Cuando se compre una maquinaria o equipo | Grupo Supervisor | Clasificar a la maquinaria según criticidad y características |
| 2 | La maquinaria es nueva | Grupo Supervisor | Crear punto de medida |
| 3 | El equipo es nuevo o no tiene mantenimiento periódico preventivo | Grupo Supervisor | Definir mantenimiento óptimo, para el mantenimiento del equipo. Empleando manual del fabricante o crear una. |
| 4 | El equipo no cuente con hoja de ruta o debe ser actualizada | Grupo Supervisor | Elaborar hojas de ruta de mantenimiento. |
| 5 | Un mes antes de empezar un nuevo año. | Grupo Supervisor | Revisar y listar actividades de cada equipo para el año |
| 6 | Un mes antes de empezar un nuevo año. | Grupo Supervisor | Añadir actividades pendientes o no ejecutadas contenidas en el programa de mantenimiento del año anterior |
| 7 | Un mes antes de empezar un nuevo año. | Grupo Supervisor | Simular actividades de mantenimiento aplicables al año en curso con el objetivo de valorizarlas |
| 8 | Cuando algún equipo no cuente con plan de mantenimiento o de encontrarse, no esté vigente | Grupo Supervisor | Elaborar planes de mantenimiento en base a la información de Hojas de Ruta y la estrategia seleccionada. |
| 9 | Después de haber simulado actividades de mantenimiento preventivas a realizar durante el próximo año. | Grupo Supervisor / Director de mantenimiento | Elaborar presupuesto anual de mantenimiento preventivo. |
| 10 | Una vez que se han definido las actividades a realizar durante el año | Logística / almacén | Informar cotización y enviará información al sobre los costos relacionados a las actividades del plan de mantenimiento |
| 11 | Una vez que se tenga el presupuesto inicial | Jefe de Mto | Programar plan de mantenimiento en base a la periodicidad de maquinaria y equipo. |
| 12 | Una vez que se han presupuestado y programado actividades de mantenimiento preventivo. | Grupo Supervisor | Consolidar programa anual de mantenimiento preventivo, con esta información generar una matriz en excel para utilizar en comité de sustentación de presupuesto. |
| 13 | Una vez que se tenga el listado de actividades programadas para el siguiente año y valorizadas | Jefe de Mantenimiento | Revisar las actividades críticas y cruzarlo al presupuesto del plan de mantenimiento anual. |
| 14 | Una vez aprobado el programa de mantenimiento anual | Jefe de Mantenimiento | Generar ODM según fecha de ejecución programada (fecha de inicio / fin programado) |
| 15 | Una vez que se ha generado la ODM | Jefe de Mantenimiento | Programar ejecución de la ODM (modificar inicio / fin extremo) |

| Item | Ordenes de trabajo | Responsables | Ejecutando |
|------|--|-----------------------------|---|
| 16 | Verificar diariamente los avisos de mantenimiento | Jefe de Mantenimiento | Analizar avisos, con esta información se actualizará el programa de mantenimiento |
| 17 | Una vez la ODM cuente con fecha de inicio / fin extremo | Jefe de Mantenimiento | Liberar ODM en base a las estrategias de mantenimiento previamente definidas. |
| 18 | Imprimir paquete de ODM | Supervisor de Mantenimiento | Recepcionar paquete de ODM a trabajar durante la semana |
| 19 | Una vez que se tenga el paquete completo de ODM a ejecutarse durante la semana | Supervisor de Mantenimiento | Entregar paquete de ODM a Tec. mantenimiento |
| 20 | Evaluando al inicio, presente y final del trabajo | Supervisor de Mantenimiento | Supervisor presente durante la ejecución del trabajo preventivo |
| 21 | Una vez iniciada el trabajo preventivo | Técnicos de taller | Informar a supervisor sobre los avances los trabajos y registrar información en la ODM en el sistema. |
| 22 | Inspección del equipo | Supervisor de Mantenimiento | Se requieren servicios/ materiales adicionales a lo especificado en la ODM. |
| 23 | Una vez identificada una tarea adicional | Técnicos de taller | Informar a supervisor sobre tareas adicionales y necesidad de materiales y/o servicios. |
| 24 | Una vez que supervisor apruebe solicitud de trabajo adicional | Supervisor de mantenimiento | Informar de trabajos adicionales a jefe de mtto. |
| 25 | Una vez que se consoliden y analicen los adicionales | Grupo supervisor | Actualizar hoja de ruta |
| 26 | Cada vez que se le informe de un avance en los trabajos preventivos | Supervisor de Mantenimiento | Reportar % de avance y observaciones de cada una de las operaciones de la ODM |
| 27 | Cumplimientos fin de turno | Supervisor de Mantenimiento | Total de actividades en ODM han sido notificadas con el 100% |
| 28 | Una vez finalizadas las operaciones de la ODM | Supervisor de Mantenimiento | Utilizar ODM impresa como acta de conformidad |
| 29 | Una vez que se ha dado conformidad de los trabajos en ODM impresa | Supervisor de Mantenimiento | Entregar copia al jefe de mantenimiento |
| 30 | Llenar al sistema los formatos de mantenimientos | Supervisor de Mantenimiento | Calcular los indicadores de mantenimiento |

Figura N°4.20 Procedimiento de hojas de ruta y planes de mantenimiento.



4.7. Aspectos éticos en investigación

La presente investigación por medio del autor respalda que los datos utilizados en el proyecto, son verdaderos, así mismo se garantiza que la información recopilada, serán tratados de manera confidencial y serán utilizados únicamente para esta investigación. Se aplicaron los principios de la investigación los cuales son la beneficencia: Por medio de los resultados obtenidos al implementar gestión del mantenimiento preventivo lo cual mejora la disponibilidad, por otra parte la autonomía, se logró determinar obtener los datos de manera voluntaria, por los colaboradores encargados de mantenimiento, con el fin que al realizar una gestión del mantenimiento preventivo mejore la disponibilidad en la flota de volquetes y finalmente el principio de no maleficencia; por medio de los resultados obtenidos se lograra obtener un beneficio para las organizaciones de este sector, al implementar gestión del mantenimiento preventivo lo cual mejorara la disponibilidad en la flota de volquetes de la minera en el sur.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

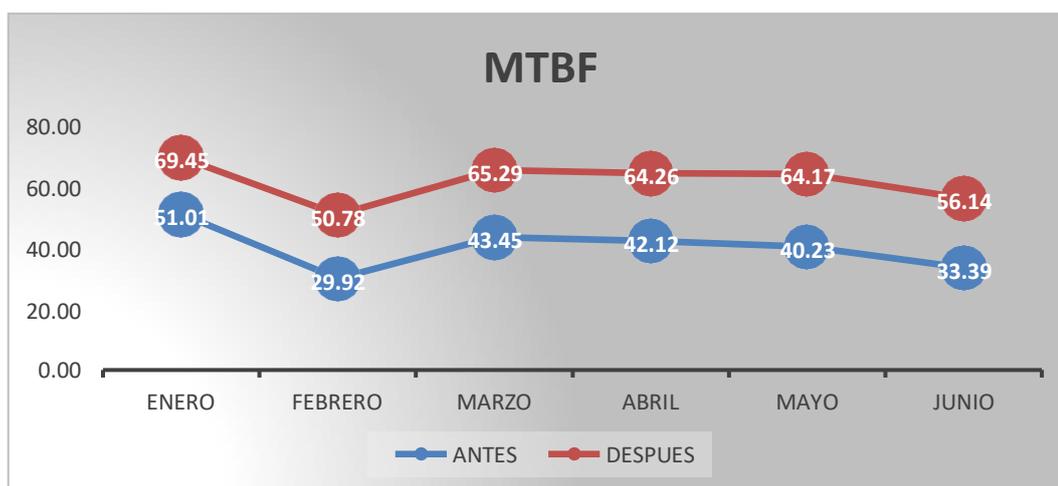
5.1.1 Indicador de confiabilidad

A continuación, los resultados de la confiabilidad detallando el antes y después de implementar el plan de mantenimiento preventivo (ver anexo 5)

Tabla 5.1 Cuadro comparativo de confiabilidad antes y después de la implementación

| MES | ANTES | DESPUÉS |
|---------|-------|---------|
| ENERO | 51.01 | 69.45 |
| FEBRERO | 29.92 | 50.78 |
| MARZO | 43.45 | 65.29 |
| ABRIL | 42.12 | 64.26 |
| MAYO | 40.23 | 64.17 |
| JUNIO | 33.39 | 56.14 |

Figura N° 5.1 Cuadro comparativo de confiabilidad antes y después de la implementación



En la figura se detalla por mes la confiabilidad de la flota de volquetes Actros 4144K en una minera en el sur, el después de implementar un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos y antes de ello, es notable el incremento de esta por lo que de esta manera se disminuirá las interrupciones

de los equipos, permitiendo mayor disponibilidad de la maquinaria y operatividad.

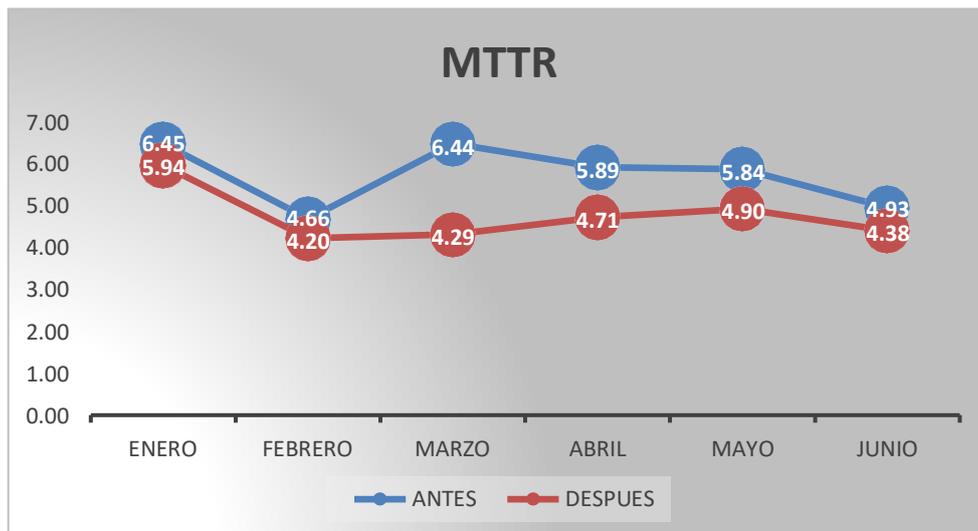
5.1.2. Indicador de Mantenibilidad

A continuación, los resultados de la mantenibilidad dando a conocer el antes y después de implementar el plan de mantenimiento preventivo (ver anexo 5)

Tabla 5.2 Cuadro comparativo de mantenibilidad antes y después de la implementación

| MES | ANTES | DESPUÉS |
|---------|-------|---------|
| ENERO | 6.45 | 5.94 |
| FEBRERO | 4.66 | 4.2 |
| MARZO | 6.44 | 4.29 |
| ABRIL | 5.89 | 4.71 |
| MAYO | 5.84 | 4.9 |
| JUNIO | 4.93 | 4.38 |

Figura N° 5.2 Cuadro comparativo de mantenibilidad antes y después de la implementación



En la figura se detalla por mes la mantenibilidad de la flota de volquetes Actros 4144k en una minera en el sur, el antes y después de implementar

un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos, es notable el incremento de esta por lo que de esta manera se disminuirá el tiempo promedio de reparación de los equipos, permitiendo mayor disponibilidad de la maquinaria y operatividad.

5.1.3. Indicador de Disponibilidad

A continuación, los resultados de la disponibilidad dando a conocer el antes y después de implementar el plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 5.3 Cuadro comparativo de disponibilidad antes y después de la implementación

| MES | ANTES | DESPUÉS |
|---------|-------|---------|
| ENERO | 88.77 | 92.12 |
| FEBRERO | 86.52 | 92.35 |
| MARZO | 87.09 | 93.84 |
| ABRIL | 87.73 | 93.17 |
| MAYO | 87.32 | 92.91 |
| JUNIO | 87.13 | 92.77 |

Figura N° 5.3 Cuadro comparativo de disponibilidad antes y después de la implementación



En la figura se detalla por mes la mantenibilidad de la flota de volquetes Actros 4144k en una minera en el sur, el después de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos y el antes, es notable el incremento de este, permitiendo mayor disponibilidad de la maquinaria y operatividad. Al realizar un análisis de las medias de la variable disponibilidad antes de implementar el plan de mantenimiento preventivo en neumáticos, esta presenta una disponibilidad de flota de 87.47%. Sin embargo después de implementar el plan de mantenimiento preventivo este lograr tener una disponibilidad de 92.86% lo que indica que se logra una mejora de 5.44%.

5.2 Resultados inferenciales

- Prueba de Normalidad

Con respecto datos del antes y después de implementar el plan de mantenimiento preventivo, los cuales permiten la finalidad de la investigación lo que es incrementar la disponibilidad de la flota de volquetes Actros.

Por lo que se recopiló la información de 6 meses a la pre prueba y 6 meses post prueba para determinar el incremento o mejora de la misma, por lo que para determinar si las variables dependientes son normales se realizó la prueba de normalidad.

Tabla 5.4 Prueba de normalidad de la confiabilidad

| Pruebas de normalidad | | | | | | |
|------------------------------|---------------------|----|--------|--------------|----|-------|
| | Kolmogorov-Smirnova | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | Gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Confiabilidad antes | 0,178 | 6 | 0,200* | 0,968 | 6 | 0,879 |
| Confiabilidad después | 0,308 | 6 | 0,078 | 0,902 | 6 | 0,384 |

Con referencia a la prueba normalidad para el presente trabajo de

investigación en la dimensión confiabilidad , siendo el valor de la significancia antes =0,879 y después de implementar procedimientos estandarizados por medio del plan de mantenimiento preventivo = 0,384, se tuvo en cuenta la prueba de Shapiro -Wilk siendo empleada para muestras menores a 50, lo cual la significancia es mayor de alfa es igual a 0,05 lo que indica que los datos de la dimensión confiabilidad presentan una distribución de manera normal, por lo que se empleara la prueba-estadística más conocida como la T-Student

Tabla 5.5 Prueba de normalidad de la mantenibilidad

| Pruebas de normalidad | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|----|--------|--------------|----|-------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | Gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Mantenibilidad antes | 0,239 | 6 | 0,200* | 0,878 | 6 | 0,260 |
| Mantenibilidad después | 0,234 | 6 | 0,200* | 0,833 | 6 | 0,113 |

Con referencia a la prueba normalidad para el presente trabajo de investigación en la dimensión mantenibilidad , siendo el valor de la significancia antes =0,260 y después de implementar procedimientos estandarizados por medio del plan de mantenimiento preventivo = 0,113 se tuvo en cuenta la prueba de Shapiro-Wilk siendo empleada para muestras menores a 50, lo cual la significancia es mayor de alfa es igual a 0,05 lo que indica que los datos de la dimensión mantenibilidad presentan una distribución de manera normal, por lo que se empleara la prueba-estadística más conocida como la T-Student

Tabla 5.6 Prueba de normalidad de la disponibilidad

| Pruebas de normalidad | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|----|--------|--------------|----|-------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Disponibilidad antes | 0,222 | 6 | 0,200* | 0,921 | 6 | 0,513 |
| Disponibilidad después | 0,140 | 6 | 0,200* | 0,970 | 6 | 0,892 |

Con referencia a la prueba normalidad para el presente trabajo de investigación en la variable disponibilidad , siendo el valor de la significancia antes =0,513 y después de implementar procedimientos estandarizados por medio del plan de mantenimiento preventivo = 0,892 se tuvo en cuenta la prueba de Shapiro-Wilk siendo empleada para muestras menores a 50, lo cual la significancia es mayor de alfa es igual a 0,05 lo que indica que los datos de la variable disponibilidad presentan una distribución de manera normal, por lo que se empleara la prueba-estadística más conocida como la T-Student.

Por consiguiente, que al realizar el análisis de la normalidad a la variable se determina que los datos de las dimensiones y variable dependientes tienen una distribución normal; por lo que se aplicara en las hipótesis específicas y general la prueba de T de Student, con las siguientes condiciones.

- **El nivel de SIG = ALFA = 5%**

- **Prueba de normalidad:**

Kolmogorov - Smirnov: Para muestras mayores a 50

Shapiro Wilk: Para muestras menores a 50

Prueba estadística: T de Student (variable y dimensiones)

- **Criterio para determinar relación:**

- P valor => 0.05

Acepta Ho = datos provienen de una distribución normal

- P valor < 0.05

Acepta H1 = datos no provienen de una distribución normal

- **Prueba de Hipótesis General**

H₀ = La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en los neumáticos no mejora la disponibilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una unidad minera en el sur – 2023

H₁ = La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en los neumáticos mejora la disponibilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una unidad minera en el sur – 2023

Tabla 5.7 Prueba de T de Student para la disponibilidad

| | | Prueba de muestras emparejadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) |
|----------|--|--------------------------------|------------------|----------------------|--|----------|---------|----|------------------|
| | | Diferencias emparejadas | | | | | | | |
| | | Media | Desv. Desviación | Desv. Error promedio | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | | | |
| Inferior | Superior | | | | | | | | |
| Par 1 | Disponibilidad antes Disponibilidad despues | -543,333 | 112,237 | 0,45820 | -661,118 | -425,548 | -11,858 | 5 | 0,000 |

Entonces si la sig. bilateral es < 0.05 se rechaza a hipótesis nula y se acepta la Hipótesis alternativa.

Entonces si la sig. bilateral es > 0.05 se acepta la hipótesis nula y se rechaza la Hipótesis alternativa.

Por lo que al realizar el análisis se llega a la concluir que al implementar un de plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad en una flota de volquetes Actros 4144K en una unidad minera en el sur.

- **Hipótesis específicas (H1)**

H₀ = La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en los neumáticos no mejora la confiabilidad en una flota de volquetes Actros 4144K en una unidad minera en el sur – 2023

H₁ = La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en los neumáticos mejora la confiabilidad en una flota de volquetes Actros 4144K en

una unidad minera en el sur – 2023

Tabla 5.8: Prueba de T de Student para la confiabilidad

| | | Prueba de muestras emparejadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) |
|----------|--|--------------------------------|------------------|----------------------|--|------------|---------|----|------------------|
| | | Diferencias emparejadas | | | | | | | |
| | | Media | Desv. Desviación | Desv. Error promedio | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | | | |
| Inferior | Superior | | | | | | | | |
| Par 1 | Confiabilidad antes Confiabilidad despues | -2,166,167 | 187,924 | ,76720 | -2,363,381 | -1,968,953 | -28,235 | 5 | 0,000 |

Entonces si la sig. bilateral es < 0.05 se rechaza a hipótesis nula y se acepta la Hipótesis alternativa.

Entonces si la sig. bilateral es > 0.05 se acepta la hipótesis nula y se rechaza la Hipótesis alternativa.

Por lo que al realizar el análisis se llega a la concluir que al implementar un de plan de mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad en una flota de volquetes Actros 4144K en una unidad minera en el sur.

- **Hipótesis específicas (H2)**

H₀ = La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en los neumáticos no mejora la mantenibilidad en una flota de volquetes Actros 4144K en una unidad minera en el sur – 2023

H₁ = La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en los neumáticos mejora la mantenibilidad en una flota de volquetes Actros 4144K en una unidad minera en el sur – 2023

Tabla 5.9 Prueba de T de Student para la Mantenibilidad

| | | Prueba de muestras emparejadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) |
|----------|--|--------------------------------|------------------|----------------------|--|---------|-------|----|------------------|
| | | Diferencias emparejadas | | | | | | | |
| | | Media | Desv. Desviación | Desv. Error promedio | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | | | |
| Inferior | Superior | | | | | | | | |
| Par 1 | Mantenibilidad antes Mantenibilidad despues | 0,96500 | 0,64581 | 0,26365 | 0,28726 | 164,274 | 3,660 | 5 | 0,015 |

- Entonces si la sig. bilateral es < 0.05 se rechaza a hipótesis nula y se acepta la Hipótesis alternativa.
- Entonces si la sig. bilateral es > 0.05 se acepta la hipótesis nula y se rechaza la Hipótesis alternativa.
- Por lo que al realizar el análisis se llega a la concluir que al implementar un de plan de mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad en una flota de volquetes Actros 4144K en una unidad minera en el sur.

- **Hipótesis General**

Se planteo que un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos, mejora la disponibilidad en una flota de volquetes Actros 4144K en una unidad minera en el sur, Por lo que, por medio de implementar una optimización del mantenimiento en la organización, incrementara un mayor índice de disponibilidad en la compañía del sector minero. Se determino por medio de la prueba estadística de T- Student, con un grado de significancia, menor de 0.05% que, si existe evidencia estadística, por el cual se rechaza la hipótesis Nula y se acepta la hipótesis alterna; por lo que, en una compañía del sector, al implementar nuevas formas de mantenimiento; se verifica el incremento de la disponibilidad, lo cual es significativa para la organización de este sector. Asimismo, antes de la aplicación del plan de mantenimiento en la compañía tenía un promedio de disponibilidad de 87.43%, sim embargo después de implementar el plan del mantenimiento preventivo se incrementa a 9286, lo cual se verifica la mejora de disponibilidad en un 5.44%

- **Hipótesis específicas (H1)**

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en los neumáticos no mejora la confiabilidad en una flota de volquetes Actros 4144K en una unidad minera en el sur.

Por lo que en la hipótesis específica planteada se determina que, al implementar el un plan de mantenimiento preventivo en la compañía, se obtuvo un promedio de confiabilidad de 61,68%, sin embargo antes de plan de mantenimiento era de 40,02%, de confiabilidad, lo cual se verifica una mejora de probabilidad que esta vuelva a fallar, logrando una un incremento de 21.66%. Asimismo, estos resultados se demuestran con las pruebas estadísticas. Se determino por medio de la prueba estadística de T- Student, con un grado de significancia, menor de 0.05% que, si existe evidencia estadística, por el cual se rechaza la hipótesis Nula y se acepta la hipótesis alterna; por lo que un plan de mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad en una flota de volquetes Actros 4144K en una unidad minera en el sur.

- **(H2)**

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en los neumáticos no mejora la mantenibilidad en una flota de volquetes Actros 4144K en una unidad minera en el sur.

Por lo que en la hipótesis específica planteada se determina que, al implementar un plan de mantenimiento preventivo en la compañía, se obtuvo un promedio de mantenibilidad de 4,74%, sin embargo antes de plan de mantenimiento era de 5,70%, de mantenibilidad, lo cual se verifica una mejora de tiempo promedio de reparación con una disminución en un 1%. Asimismo, estos resultados se demuestran con las pruebas estadísticas. Se determino por medio de la prueba estadística de T- Student, con un grado de significancia, menor de 0.05% que, si existe evidencia estadística, por el cual se rechaza la hipótesis Nula y se acepta la hipótesis alternativa; por lo que un plan de mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad en una flota de volquetes Actros 4144K en una unidad minera en el sur.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

6.2. Contrastación de los resultados Internacionales y nacionales.

En su investigación Morales (2020) concluye que el incremento de vida útil de los neumáticos una flota de transporte permite mayor disponibilidad de la flota y el aumento de vida útil de los neumáticos permitiendo tener ahorros muy significativos en el sector financieros, logra el objetivo debido a metodologías de planeación que permitieron el aumento de 3% de incremento de disponibilidad de su flota de transporte.

Según Rodríguez (2018). En su investigación de un plan de mantenimiento que permita identificar la criticidad e incremente la operatividad de la 146 maquinaria, empleando metodología RCM, realizo un análisis de modo y efecto con la metodología FMECA con el fin de analizar las fallas potenciales, a través de escoger a un equipo e identificar la criticidad de la maquinaria, llegando a la conclusión que el resultado del análisis efectuado a los diferentes equipos piloto permitió identificar los modos, causas y efectos de falla y así ajustar el plan de mantenimiento para ser gestionado a través del CMMS, para mejorar las condiciones de operación y disponibilidad, asimismo con una significancia menor a 0.05 determinaron que si existe una mejora de disponibilidad operativa de la maquinaria en la organización, implementando un plan de mantenimiento preventivo.

Según Flores y Alvarado (2018), en su investigación realizar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en una organización, por lo que se centraron en optimizar el mantenimiento de la organización enfocándose en los procesos que realizan el personal operativo de las maquinarias, los cuales concluyen con una significancia menor a 0.05 determinaron que, si existe una mejora de productividad implementando un sistema de gestión de mantenimiento

preventivo, estos resultados tienen comparación con la hipótesis general de la presente investigación dando como un resultado similar.

(Gallego, 2019) en su investigación de implementar un plan de mantenimiento el cual se basa en filosofía RCM, primordialmente identificaron las fallas más frecuentes, criticidad de los equipos, asignación de roles, por lo que a través de formatos para planificar los mantenimientos de la maquinaria reportes, disminuyeron directamente los costos y generaron mayor operatividad de maquinaria en un 5% de disponibilidad de los equipos de la organización, llegando a la misma coincidencia con la presente investigación al implementar formatos para planificar sus mantenimientos y realizar estandarización de procesos se obtiene una mejora del 5 % de disponibilidad en una minera del sur.

(Carrión 2021) en su investigación de gestión de neumáticos para incrementar la vida de utilidad de estos disminuyendo los costos operativos en volquetes Benz, lograron realizar un programa de comprobaciones diarias del cumplimiento de inflado de neumáticos, cargas sometidas y temperaturas expuestas, por medio de ellas se logró tener un control de procesos y incremento de disponibilidad de flota.

VII. CONCLUSIONES

Se concluye que un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos mejora la disponibilidad mejora la mantenibilidad en una flota de volquetes Actros 4144K en una unidad minera en el sur en un 5.44%. Este resultado se evidencia dado que se implementó un proceso basado en las mejores prácticas de cada rol de los interventores de realizar mantenimiento y soporte de la gestión de mantenimiento en los neumáticos.

Se concluye que un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos mejora la confiabilidad en una flota de volquetes Actros 4144K en una unidad minera en el sur en un 21.66%. Este resultado se evidencia dado que se implementaron procesos y actividades, planificadas basadas en las mejores prácticas de actividad de cada personal del mantenimiento y dar soporte a la gestión realizada.

Se concluye que un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos mejora la mantenibilidad en una flota de volquetes Actros 4144K en una unidad minera en el sur en un 1%. Este resultado se evidencia dado que se implementaron procesos y actividades, los cuales benefician a la organización, buscando lograr un mejor costo en relación de mantenimiento de neumáticos, a través de actividades planificadas, por medio de procesos los cuales permitan dar una mejor disponibilidad de flota de la compañía

VIII. RECOMENDACIONES

Para la compañía del sector minero, realizar un constante monitoreo del plan del mantenimiento preventivo verificando que siempre se cuente con procedimientos de gestión de mantenimiento los cuales permitan realizar tareas acordes a sus labores de los colaboradores de la organización permitiéndoles el uso eficiente y eficaz de los sistemas, dando como resultado mejora de disponibilidad en la flota de la compañía.

Para lograr mejores resultados y facilitar la implementación del plan de mantenimiento, se realice un programa de capacitación exhaustivo con la participación de todas las personas involucradas en el mantenimiento del área antes de llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo.

Del mismo modo, hace hincapié que tanto las tareas programadas como las imprevistas se organicen en formatos para que cada una pueda ser anotada y seguida por separado. Del mismo modo, cuando se pone en marcha el mantenimiento preventivo, los indicadores de gestión tienen que ser computados de forma regular para evaluar el sistema e iniciar mejoras continuas en la gestión que se ha puesto en marcha. Todo esto parte de un historial; “si no hay historial no se puede hacer gestión”

IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNAL, T. 2010. “*Metodología de la Investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*”. 3era ed. Bogotá: Pearson Educación. 2010.

BLANCO, John. 2019. “*Incremento de la vida útil de neumáticos para reducir costos de operación en camiones Caterpillar 797F en Toromocho - Chinalco Perú*”. Junin : s.n., 2019.

BRAVO, Rubén. “*Propuesta de plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para prensa ecológica ariete 480 en FINAMET LTDA*”. [En línea]. Tesis de Ingeniería en mantenimiento industrial Universidad Técnica Federico Santa María, Concepción, Chile, 2019. [Fecha de consulta: 08 de febrero del 2022] Disponible en: <https://hdl.handle.net/11673/46153>

BRIDGESTONE . 2018. “*Data Book. Off The Road Tires*”. Pag 2-11. Japón : s.n., 2018.

CAHUANA, Carlos. 2019. “*Plan de monitoreo para reducir costos de consumo de neumáticos en operación de camiones Komatsu 930e – 4se*”. Caso: Minera Las Bambas. Arequipa : UNSA, 2019.

CAMPAGNOLI, S. 2018. “*Innovación en métodos de pavimentación: casos regionales*”. Revista de Ingeniería, núm. 45, Universidad de los Andes. Bogotá Colombia. 2017. ISSN: 0121-4993. [En línea] 2018. <Http://dx.doi.org/10.16924%2Fria.v0i45.937>.

CARRIÓN, C. 2021. “*Estudio sobre la importancia de la gestión de neumáticos en los volquetes Mercedes Benz modelo Actros 3344k en la U.M. Quenuales – Contonga*” - Trabajo de suficiencia profesional para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico. [En línea] 2021. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20500.12404/20555>.

DE GUSMAO, Carlos (2005). *Índices de desempeño de Mantenimiento*. Un Enfoque Práctico. Revista: Club de Mantenimiento [en línea]. Brasil: revista N°4. [Consulta: 10 de febrero 2023]. Disponible en: <https://www.mantenimientomundial.com/notas/4indices.pdf>

ESPINOZA, E. 2014. *“Diseño de un Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo para Incrementar la Vida Nominal de los Equipos: Vehículos Livianos y Máquinas Herramientas”*. Tesis de Grado. Callao: Universidad Nacional del Callao. [En línea] 2014. [Http://hdl.handle.net/20.500.12952/235](http://hdl.handle.net/20.500.12952/235).

FERNANDEZ, A. 2018. *“Gestión de mantenimiento: Lean maintenance y TPM. Para acceder al Título de Máster Universitario, de Escuela Superior de la Marina Civil de Gijón”*. España: Universidad de Oviedo. [En línea] 2018. [Http://hdl.handle.net/10651/47868](http://hdl.handle.net/10651/47868).

FONSECA, Josué. 2019. *“Propuesta de plan de mantenimiento de la flota de camiones volquetes y recolectoras de basura Freightliner de la Alcaldía de Managua en el periodo comprendido 2015-2016”*. 2019.

GARCÍA, S. 2010. *“Organización y gestión integral de mantenimiento. El reemplazo de equipos mineros: un enfoque desde el rendimiento y los servicios técnicos de la contratación”*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A., . 2010. ISSN: 0258-8959., 2013

HANKOOK. 2022. *Funciones de los neumáticos*. Hankook driving emotion. . [En línea] 30 de mayo de 2022. [Https://www.hankooktire.com/es/services-tips/tire-guide/functions.html](https://www.hankooktire.com/es/services-tips/tire-guide/functions.html).

HERRERA, A. 2019. *“Diseño de un plan de gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de equipos en la empresa San Martin contratistas generales s.a. En el proyecto Tantahuatay”*. Tesis para optar el título profesional de: Ingeniero Industrial. Universidad Privada del Norte. [En línea] 2019. [Https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14944](https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14944).

ISO 14224, 2016. *“Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural – recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos”*. [En.línea].2016.http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3580.pdf<https://www.redalyc.org/pdf/2235/223528710004.pdf>.

KLIMASAUSKAS, E. 2011. *“Mantenimiento en minería”*. Argentina: Mantenimiento Mundial:. [En línea] 2011. [Http://www.mantenimientomundial.com/notas/mineria2.pdf](http://www.mantenimientomundial.com/notas/mineria2.pdf).

MANAY, F. & Tello, J., 2020. “*Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica de volquetes Mercedes Benz modelo Actros 3344k en la empresa Divemotor Cajamarca. 2020*”.

MARTÍNEZ , K. J. 2010. “*Análisis de fallas aplicados a los equipos de carga tipo Scoop de la mina Isidora – valle norte pertenecientes a la empresa minera Venus SA. El callao – estado bolívar*”. Cumana: . S.I. : Universidad de Oriente Núcleo Bolívar., 2010.

MICHELIN PERÚ. 2019. “*Cuidados y economía.*” [En línea] 2019. <https://www.michelin.com.pe/transportes-profesionales/todo-sobre-equipos-agricolas/mas-info/Montaje-y-desmontaje-de-las-llantas.html>.

MTC. 2015. “*Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras.*” [En línea] 2015. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf.

MONTES, Juan. 2020. “*Diseño de un plan de mantenimiento para la flota articulada de Integra S.A. usando algunas herramientas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)*”. Pereira Colombia : Metabiblioteca, 2020.

MONTILLA, Carlos Alberto. 2016. “*Fundamentos de mantenimiento industrial.*” Pereira : Colección Textos Académicos.

MORA, A G. 2009. “*Mantenimiento, planeación, ejecución y control*”. México: . S.I. : Alfaomega Grupo Editor S.A., 2009.

MORALES, N. 2020. “*Aumento de vida útil de los neumáticos para la flota de transporte de minera centinela*”. Memoria para optar al título de ingeniero civil de minas. Universidad de Chile. [En línea] 2020.

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/177975/Aumento-de-vida-util-de-los-neumaticos-para-la-flota-de-transporte-de-Minera-Centinela.pdf?Sequence=1&isallowed=y>.

MOSCOSO, J. 2017. “*Programa de control del mantenimiento proactivo y correctivo en equipos mecánicos del transporte de hidrocarburos en el Ecuador.*”

Para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Industrial. Lima Perú. [En línea] 2017. [Http://hdl.handle.net/20.500.12952/4399](http://hdl.handle.net/20.500.12952/4399).

OLARTE, W, Botero, M y Cañón, B. 2010. “*Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción.*” *Scientia et Technica*(44), 354-356. 2010.

OROZCO, C. 2018. “*Marco metodológico en la investigación cualitativa. Experiencia de un trabajo de tesis doctoral.*” *Revista científica de FAREM- Estelí, Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano.* 27(7),27.7055. [En línea] 2018. [Https://doi.org/10.5377/farem.v0i27.705](https://doi.org/10.5377/farem.v0i27.705).

PÉREZ, R. 2021. “*Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial: Universidad Santo Tomás. Bucaramanga (Colombia).*” ISBN: 978-958-8477- 92-3. [En línea] 2021. [Http://hdl.handle.net/11634/33276](http://hdl.handle.net/11634/33276).

PESANTEZ, A. 2007. “*Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad de los Equipos del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón.*” Tesis de grado. Guayaquil: . S.I. : Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2007.

RODRÍGUEZ, F. 2019. “*Propuesta para la implementación de un modelo de gestión de mantenimiento en Tropical Paradise Fruits Company*”. Cartago, Costa Rica: Escuela de Ingeniería Electromecánica. [En línea] 2019. [Https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10459/propuesta_implementation_modelo_gestion_mantenimiento_tropical_paradise_fruits_company.pdf?Sequence=1&isallowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10459/propuesta_implementacio_modelo_gestion_mantenimiento_tropical_paradise_fruits_company.pdf?Sequence=1&isallowed=y).

SUÁREZ, M A. 2016. “*Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento según el enfoque de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para reducir los costos operativos de la empresa Serfriman E.I.R.L.*” (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. [En línea] 2016. <http://hdl.handle.net/11537/10131>.

TECSUP. 2022. *Gestión del mantenimiento basado en la confiabilidad*. Lima. [En línea] 2022.

(Tecsups, 2009). *Planificación y programación del mantenimiento*. Lima – Perú.

Toyota . [En línea] 2009. <https://www.motorpasion.com/espaciotoyota/just-in-time-cuando-marca-se-convierte-referente-para-universidades-todo-mundo.com>

VALDERRAMA Mendoza, S. 2013. *“Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: Cuantitativa, cualitativa y mixta”*. Segunda ed. Lima:. S.I. : Editorial San marcos E.I.R.L. ISBN 978-612-302-878-7., 2013.

VARA Horna, A A. 2012. *“Desde la idea hasta la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa. S.I.”* : Tercera ed. Lima: Universidad San Martin de Porres., 2012.

YUNI, J A & Urbano, C A. 2014. *“Técnicas para investigar: Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación”*. Primera Ed. Córdova:. S.I. : Editorial Brujas. ISBN 978-987-591-548-0., 2014.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistência.

| Problema General | Objetivo General | Hipótesis General | Variables | Metodología |
|--|--|--|--|--|
| ¿En qué medida la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos incrementa la disponibilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una minera en el sur – 2023? | Determinar en qué medida la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos incrementa la disponibilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una minera en el sur – 2023. | La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos mejora la disponibilidad de la flota de volquetes en una unidad minera del sur - 2023 | Plan de Mantenimiento Preventivo | Tipo: Aplicada Diseño: Cuasi-Experimental Enfoque: Cuantitativo Nivel: Pre experimental Estudio: Longitudinal Método: Analítico y Sintético |
| Problemas Específicos | Objetivos Específicos | Hipótesis Específicas | Dimensiones: _ Levantamiento de información / Análisis situacional / Planificación / Aplicación. | Población:25 volquetes |
| ¿En qué medida la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos incrementa la confiabilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una minera en el sur – 2023? | Determinar en qué medida la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos incrementa la confiabilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una minera en el sur – 2023 | La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos mejora la confiabilidad de la flota de volquetes en una unidad minera del sur - 2023 | Disponibilidad | Técnica de recolección: Análisis documental |
| ¿En qué medida la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos incrementa la mantenibilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una minera en el sur – 2023? | Determinar en qué medida la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos incrementa la mantenibilidad en la flota de volquetes Actros 4144K en una minera en el sur – 2023. | La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en neumáticos mejora la mantenibilidad de la flota de volquetes en una unidad minera del sur - 2023 | Dimensiones: Confiabilidad Mantenibilidad | |

Anexo 02: Diagrama ishicahua.



Anexo:03

Base de Datos:

| MESES | DISPONIBILIDAD | | CONFIABILIDAD | | MANTENIBILIDAD | |
|---------|----------------|---------|---------------|---------|----------------|---------|
| | ANTES | DESPUÉS | ANTES | DESPUÉS | ANTES | DESPUÉS |
| ENERO | 88.77 | 92.12 | 51.01 | 69.45 | 6.45 | 5.94 |
| FEBRERO | 86.52 | 92.35 | 29.92 | 50.78 | 4.66 | 4.20 |
| MARZO | 87.09 | 93.84 | 43.45 | 65.29 | 6.44 | 4.29 |
| ABRIL | 87.73 | 93.17 | 42.12 | 64.26 | 5.89 | 4.71 |
| MAYO | 87.32 | 92.91 | 40.23 | 64.17 | 5.84 | 4.90 |
| JUNIO | 87.13 | 92.77 | 33.39 | 56.14 | 4.93 | 4.38 |

Visible: 6 de 6 variables

| | CONFIABILIDAD_ANTES | CONFIABILIDAD_DESPUES | MANTENIBILIDAD_ANTES | MANTENIBILIDAD_DESPUES | DISPONIBILIDAD_ANTES | DISPONIBILIDAD_DESPUES | var |
|----|---------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|-----|
| 1 | 51,01 | 69,45 | 6,45 | 5,94 | 88,77 | 92,12 | |
| 2 | 29,92 | 50,78 | 4,66 | 4,20 | 86,52 | 92,35 | |
| 3 | 43,45 | 65,29 | 6,44 | 4,29 | 87,09 | 93,84 | |
| 4 | 42,12 | 64,26 | 5,89 | 4,71 | 87,73 | 93,17 | |
| 5 | 40,23 | 64,17 | 5,84 | 4,90 | 87,32 | 92,91 | |
| 6 | 33,39 | 56,14 | 4,93 | 4,38 | 87,13 | 92,77 | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | |

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode:ON

Anexo 04

Base de datos grado de disponibilidad de la flota de volquetes.

| CONFIABILIDAD ENERO 2023 ANTES | | | | | | CONFIABILIDAD JULIO 2023 DESPUES | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------------|-----------|------------------------|-------|------|----------------------------------|-----------|------------------------|-------|------|--------------|--|--|--|--|
| EQUIPOS | HORAS TRABAJADAS | HORAS INT | NUMERO DE REPARACIONES | MTBF | MTTR | HORAS TRABAJADAS | HORAS INT | NUMERO DE REPARACIONES | MTBF | MTTR | | | | | |
| VL-01 | 674 | 85 | 15 | 39.27 | 5.67 | 688 | 56 | 12 | 52.67 | 4.67 | | | | | |
| VL-02 | 681 | 91 | 17 | 34.71 | 5.35 | 695 | 62 | 14 | 45.21 | 4.43 | | | | | |
| VL-03 | 664 | 79 | 12 | 48.75 | 6.58 | 678 | 50 | 9 | 69.78 | 5.56 | | | | | |
| VL-04 | 676 | 82 | 14 | 42.43 | 5.86 | 690 | 53 | 11 | 57.91 | 4.82 | | | | | |
| VL-05 | 659 | 88 | 16 | 35.69 | 5.50 | 673 | 59 | 13 | 47.23 | 4.54 | | | | | |
| VL-06 | 671 | 76 | 11 | 54.09 | 6.91 | 685 | 54 | 8 | 78.88 | 6.75 | | | | | |
| VL-07 | 654 | 79 | 13 | 44.23 | 6.08 | 668 | 57 | 10 | 61.10 | 5.70 | | | | | |
| VL-08 | 666 | 85 | 15 | 38.73 | 5.67 | 680 | 63 | 12 | 51.42 | 5.25 | | | | | |
| VL-09 | 649 | 73 | 10 | 57.60 | 7.30 | 663 | 51 | 7 | 87.43 | 7.29 | | | | | |
| VL-10 | 661 | 76 | 12 | 48.75 | 6.33 | 675 | 54 | 9 | 69.00 | 6.00 | | | | | |
| VL-11 | 644 | 82 | 14 | 40.14 | 5.86 | 658 | 60 | 11 | 54.36 | 5.45 | | | | | |
| VL-12 | 656 | 70 | 9 | 65.11 | 7.78 | 670 | 48 | 8 | 77.75 | 6.00 | | | | | |
| VL-13 | 639 | 73 | 11 | 51.45 | 6.64 | 653 | 51 | 8 | 75.25 | 6.38 | | | | | |
| VL-14 | 651 | 79 | 13 | 44.00 | 6.08 | 665 | 57 | 10 | 60.80 | 5.70 | | | | | |
| VL-15 | 634 | 67 | 9 | 63.00 | 7.44 | 648 | 50 | 7 | 85.43 | 7.14 | | | | | |
| VL-16 | 646 | 70 | 11 | 52.36 | 6.36 | 660 | 53 | 8 | 75.88 | 6.63 | | | | | |
| VL-17 | 629 | 76 | 13 | 42.54 | 5.85 | 643 | 59 | 10 | 58.40 | 5.90 | | | | | |
| VL-18 | 641 | 64 | 8 | 72.13 | 8.00 | 655 | 47 | 8 | 76.00 | 5.88 | | | | | |
| VL-19 | 624 | 67 | 10 | 55.70 | 6.70 | 638 | 50 | 7 | 84.00 | 7.14 | | | | | |
| VL-20 | 636 | 73 | 12 | 46.92 | 6.08 | 650 | 56 | 9 | 66.00 | 6.22 | | | | | |
| VL-21 | 619 | 61 | 8 | 69.75 | 7.63 | 633 | 44 | 7 | 84.14 | 6.29 | | | | | |
| VL-22 | 631 | 64 | 10 | 56.70 | 6.40 | 645 | 47 | 7 | 85.43 | 6.71 | | | | | |
| VL-23 | 614 | 70 | 12 | 45.33 | 5.83 | 628 | 53 | 9 | 63.89 | 5.89 | | | | | |
| VL-24 | 626 | 58 | 8 | 71.00 | 7.25 | 640 | 41 | 7 | 85.57 | 5.86 | | | | | |
| VL-25 | 609 | 61 | 10 | 54.80 | 6.10 | 623 | 44 | 7 | 82.71 | 6.29 | | | | | |
| DISPONIBILIDAD | | | | | | 88.77 | | | | | 92.12 | | | | |

Anexo 05

Base de datos grado de disponibilidad de la flota de volquetes.

| CONFIABILIDAD MARZO 2023 ANTES | | | | | | CONFIABILIDAD SETIEMBRE 2023 DESPUES | | | | |
|--------------------------------|------------------|-----------|------------------------|--------------|------|--------------------------------------|-----------|------------------------|-------|------|
| VK | HORAS TRABAJADAS | HORAS INT | NUMERO DE REPARACIONES | MTBF | MTTR | HORAS TRABAJADAS | HORAS INT | NUMERO DE REPARACIONES | MTBF | MTTR |
| VL-01 | 556 | 80 | 13 | 36.62 | 6.15 | 562 | 45 | 9 | 57.44 | 5.00 |
| VL-02 | 563 | 86 | 15 | 31.80 | 5.73 | 569 | 51 | 11 | 47.09 | 4.64 |
| VL-03 | 546 | 73.8 | 10 | 47.22 | 7.38 | 552 | 39 | 6 | 85.50 | 6.50 |
| VL-04 | 558 | 77 | 12 | 40.08 | 6.42 | 564 | 42 | 8 | 65.25 | 5.25 |
| VL-05 | 541 | 83 | 14 | 32.71 | 5.93 | 547 | 48 | 10 | 49.90 | 4.80 |
| VL-06 | 553 | 71 | 9 | 53.56 | 7.89 | 559 | 36 | 6 | 87.17 | 6.00 |
| VL-07 | 536 | 74 | 11 | 42.00 | 6.73 | 542 | 39 | 8 | 62.88 | 4.88 |
| VL-08 | 548 | 80 | 13 | 36.00 | 6.15 | 554 | 45 | 10 | 50.90 | 4.50 |
| VL-09 | 531 | 68 | 8 | 57.88 | 8.50 | 537 | 33 | 6 | 84.00 | 5.50 |
| VL-10 | 543 | 71 | 11 | 42.91 | 6.45 | 549 | 36 | 8 | 64.13 | 4.50 |
| VL-11 | 526 | 77 | 13 | 34.54 | 5.92 | 532 | 42 | 10 | 49.00 | 4.20 |
| VL-12 | 538 | 65 | 8 | 59.13 | 8.13 | 544 | 30 | 6 | 85.67 | 5.00 |
| VL-13 | 521 | 68 | 10 | 45.30 | 6.80 | 527 | 33 | 8 | 61.75 | 4.13 |
| VL-14 | 533 | 74 | 12 | 38.25 | 6.17 | 539 | 39 | 10 | 50.00 | 3.90 |
| VL-15 | 516 | 62 | 7 | 64.86 | 8.86 | 522 | 27 | 6 | 82.50 | 4.50 |
| VL-16 | 528 | 65 | 9 | 51.44 | 7.22 | 534 | 30 | 8 | 63.00 | 3.75 |
| VL-17 | 511 | 71 | 10 | 44.00 | 7.10 | 517 | 36 | 10 | 48.10 | 3.60 |
| VL-18 | 523 | 59 | 8 | 58.00 | 7.38 | 529 | 24 | 6 | 84.17 | 4.00 |
| VL-19 | 506 | 62 | 10 | 44.40 | 6.20 | 512 | 27 | 8 | 60.63 | 3.38 |
| VL-20 | 518 | 68 | 12 | 37.50 | 5.67 | 524 | 33 | 10 | 49.10 | 3.30 |
| VL-21 | 501 | 56 | 10 | 44.50 | 5.60 | 507 | 21 | 5 | 97.20 | 4.20 |
| VL-22 | 513 | 59 | 12 | 37.83 | 4.92 | 519 | 24 | 7 | 70.71 | 3.43 |
| VL-23 | 496 | 65 | 14 | 30.79 | 4.64 | 502 | 30 | 9 | 52.44 | 3.33 |
| VL-24 | 508 | 53 | 11 | 41.36 | 4.82 | 514 | 18 | 7 | 70.86 | 2.57 |
| VL-25 | 491 | 56 | 13 | 33.46 | 4.31 | 497 | 21 | 9 | 52.89 | 2.33 |
| DISPONIBILIDAD | | | | 87.09 | | 93.84 | | | | |

Anexo 06

Base de datos grado de disponibilidad de la flota de volquetes.

| CONFIABILIDAD ABRIL 2023 ANTES | | | | | | CONFIABILIDAD OCTUBRE 2023 DESPUES | | | | |
|--------------------------------|------------------|-----------|------------------------|--------------|------|------------------------------------|-----------|------------------------|-------|------|
| VK | HORAS TRABAJADAS | HORAS INT | NUMERO DE REPARACIONES | MTBF | MTTR | HORAS TRABAJADAS | HORAS INT | NUMERO DE REPARACIONES | MTBF | MTTR |
| VL-01 | 545 | 75 | 12 | 39.17 | 6.25 | 551 | 43 | 8 | 63.50 | 5.38 |
| VL-02 | 552 | 81 | 14 | 33.64 | 5.79 | 558 | 49 | 10 | 50.90 | 4.90 |
| VL-03 | 535 | 68.8 | 9 | 51.80 | 7.64 | 541 | 37 | 8 | 63.00 | 4.63 |
| VL-04 | 547 | 72 | 11 | 43.18 | 6.55 | 553 | 40 | 10 | 51.30 | 4.00 |
| VL-05 | 530 | 78 | 13 | 34.77 | 6.00 | 536 | 46 | 12 | 40.83 | 3.83 |
| VL-06 | 542 | 66 | 8 | 59.50 | 8.25 | 548 | 34 | 6 | 85.67 | 5.67 |
| VL-07 | 525 | 69 | 10 | 45.60 | 6.90 | 531 | 37 | 8 | 61.75 | 4.63 |
| VL-08 | 537 | 75 | 12 | 38.50 | 6.25 | 543 | 43 | 8 | 62.50 | 5.38 |
| VL-09 | 520 | 63 | 7 | 65.29 | 9.00 | 526 | 31 | 6 | 82.50 | 5.17 |
| VL-10 | 532 | 66 | 11 | 42.36 | 6.00 | 538 | 34 | 8 | 63.00 | 4.25 |
| VL-11 | 515 | 72 | 13 | 34.08 | 5.54 | 521 | 40 | 7 | 68.71 | 5.71 |
| VL-12 | 527 | 60 | 11 | 42.45 | 5.45 | 533 | 28 | 6 | 84.17 | 4.67 |
| VL-13 | 510 | 63 | 13 | 34.38 | 4.85 | 516 | 31 | 7 | 69.29 | 4.43 |
| VL-14 | 522 | 69 | 15 | 30.20 | 4.60 | 528 | 37 | 8 | 61.38 | 4.63 |
| VL-15 | 505 | 57 | 9 | 49.78 | 6.33 | 511 | 25 | 6 | 81.00 | 4.17 |
| VL-16 | 517 | 60 | 11 | 41.55 | 5.45 | 523 | 39 | 6 | 80.67 | 6.50 |
| VL-17 | 500 | 66 | 10 | 43.40 | 6.60 | 506 | 45 | 7 | 65.86 | 6.43 |
| VL-18 | 512 | 54 | 8 | 57.25 | 6.75 | 518 | 33 | 6 | 80.83 | 5.50 |
| VL-19 | 495 | 57 | 10 | 43.80 | 5.70 | 501 | 36 | 8 | 58.13 | 4.50 |
| VL-20 | 507 | 63 | 12 | 37.00 | 5.25 | 513 | 42 | 9 | 52.33 | 4.67 |
| VL-21 | 490 | 51 | 10 | 43.90 | 5.10 | 496 | 30 | 7 | 66.57 | 4.29 |
| VL-22 | 502 | 54 | 12 | 37.33 | 4.50 | 508 | 33 | 9 | 52.78 | 3.67 |
| VL-23 | 485 | 60 | 14 | 30.36 | 4.29 | 491 | 39 | 11 | 41.09 | 3.55 |
| VL-24 | 497 | 48 | 11 | 40.82 | 4.36 | 503 | 27 | 7 | 68.00 | 3.86 |
| VL-25 | 480 | 51 | 13 | 33.00 | 3.92 | 486 | 30 | 9 | 50.67 | 3.33 |
| DISPONIBILIDAD | | | | 87.73 | | 93.17 | | | | |

Anexo 07

Base de datos grado de disponibilidad de la flota de volquetes.

| CONFIABILIDAD MAYO 2023 ANTES | | | | | | CONFIABILIDAD NOVIEMBRE 2023 DESPUES | | | | |
|-------------------------------|------------------|-----------|------------------------|--------------|------|--------------------------------------|-----------|------------------------|-------|------|
| VK | HORAS TRABAJADAS | HORAS INT | NUMERO DE REPARACIONES | MTBF | MTTR | HORAS TRABAJADAS | HORAS INT | NUMERO DE REPARACIONES | MTBF | MTTR |
| VL-01 | 543 | 77 | 13 | 35.85 | 5.92 | 553 | 42 | 7 | 73.00 | 6.00 |
| VL-02 | 550 | 83 | 15 | 31.13 | 5.53 | 560 | 48 | 9 | 56.89 | 5.33 |
| VL-03 | 533 | 70.8 | 10 | 46.22 | 7.08 | 543 | 36 | 8 | 63.38 | 4.50 |
| VL-04 | 545 | 74 | 12 | 39.25 | 6.17 | 555 | 39 | 10 | 51.60 | 3.90 |
| VL-05 | 528 | 80 | 14 | 32.00 | 5.71 | 538 | 45 | 12 | 41.08 | 3.75 |
| VL-06 | 540 | 68 | 9 | 52.44 | 7.56 | 550 | 33 | 6 | 86.17 | 5.50 |
| VL-07 | 523 | 71 | 11 | 41.09 | 6.45 | 533 | 36 | 8 | 62.13 | 4.50 |
| VL-08 | 535 | 77 | 13 | 35.23 | 5.92 | 545 | 42 | 8 | 62.88 | 5.25 |
| VL-09 | 518 | 65 | 8 | 56.63 | 8.13 | 528 | 30 | 7 | 71.14 | 4.29 |
| VL-10 | 530 | 68 | 11 | 42.00 | 6.18 | 540 | 33 | 9 | 56.33 | 3.67 |
| VL-11 | 513 | 74 | 13 | 33.77 | 5.69 | 523 | 39 | 7 | 69.14 | 5.57 |
| VL-12 | 525 | 62 | 11 | 42.09 | 5.64 | 535 | 27 | 6 | 84.67 | 4.50 |
| VL-13 | 508 | 65 | 13 | 34.08 | 5.00 | 518 | 30 | 7 | 69.71 | 4.29 |
| VL-14 | 520 | 71 | 15 | 29.93 | 4.73 | 530 | 42 | 8 | 61.00 | 5.25 |
| VL-15 | 503 | 59 | 9 | 49.33 | 6.56 | 513 | 48 | 6 | 77.50 | 8.00 |
| VL-16 | 515 | 62 | 11 | 41.18 | 5.64 | 525 | 36 | 6 | 81.50 | 6.00 |
| VL-17 | 498 | 68 | 10 | 43.00 | 6.80 | 508 | 39 | 7 | 67.00 | 5.57 |
| VL-18 | 510 | 56 | 8 | 56.75 | 7.00 | 520 | 45 | 6 | 79.17 | 7.50 |
| VL-19 | 493 | 59 | 10 | 43.40 | 5.90 | 503 | 33 | 8 | 58.75 | 4.13 |
| VL-20 | 505 | 65 | 12 | 36.67 | 5.42 | 515 | 36 | 9 | 53.22 | 4.00 |
| VL-21 | 488 | 53 | 10 | 43.50 | 5.30 | 498 | 42 | 7 | 65.14 | 6.00 |
| VL-22 | 500 | 56 | 12 | 37.00 | 4.67 | 510 | 30 | 9 | 53.33 | 3.33 |
| VL-23 | 483 | 62 | 14 | 30.07 | 4.43 | 493 | 33 | 11 | 41.82 | 3.00 |
| VL-24 | 495 | 50 | 11 | 40.45 | 4.55 | 505 | 39 | 7 | 66.57 | 5.57 |
| VL-25 | 478 | 53 | 13 | 32.69 | 4.08 | 488 | 27 | 9 | 51.22 | 3.00 |
| DISPONIBILIDAD | | | | 87.32 | | 92.91 | | | | |

Anexo 08

Base de datos grado de disponibilidad de la flota de volquetes.

| CONFIABILIDAD JUNIO 2023 ANTES | | | | | | CONFIABILIDAD DICIEMBRE 2023 DESPUES | | | | |
|--------------------------------|------------------|-----------|------------------------|--------------|------|--------------------------------------|-----------|------------------------|-------|------|
| VK | HORAS TRABAJADAS | HORAS INT | NUMERO DE REPARACIONES | MTBF | MTTR | HORAS TRABAJADAS | HORAS INT | NUMERO DE REPARACIONES | MTBF | MTTR |
| VL-01 | 537 | 77 | 13 | 35.38 | 5.92 | 539 | 42 | 8 | 62.13 | 5.25 |
| VL-02 | 544 | 83 | 15 | 30.73 | 5.53 | 546 | 48 | 10 | 49.80 | 4.80 |
| VL-03 | 527 | 70.8 | 10 | 45.62 | 7.08 | 529 | 36 | 7 | 70.43 | 5.14 |
| VL-04 | 539 | 74 | 12 | 38.75 | 6.17 | 541 | 39 | 7 | 71.71 | 5.57 |
| VL-05 | 522 | 80 | 14 | 31.57 | 5.71 | 524 | 45 | 9 | 53.22 | 5.00 |
| VL-06 | 534 | 68 | 14 | 33.29 | 4.86 | 536 | 33 | 9 | 55.89 | 3.67 |
| VL-07 | 517 | 71 | 16 | 27.88 | 4.44 | 519 | 36 | 11 | 43.91 | 3.27 |
| VL-08 | 529 | 77 | 18 | 25.11 | 4.28 | 531 | 42 | 13 | 37.62 | 3.23 |
| VL-09 | 512 | 65 | 12 | 37.25 | 5.42 | 514 | 30 | 8 | 60.50 | 3.75 |
| VL-10 | 524 | 68 | 14 | 32.57 | 4.86 | 526 | 33 | 9 | 54.78 | 3.67 |
| VL-11 | 507 | 74 | 16 | 27.06 | 4.63 | 509 | 39 | 10 | 47.00 | 3.90 |
| VL-12 | 519 | 62 | 11 | 41.55 | 5.64 | 521 | 27 | 6 | 82.33 | 4.50 |
| VL-13 | 502 | 65 | 13 | 33.62 | 5.00 | 504 | 30 | 8 | 59.25 | 3.75 |
| VL-14 | 514 | 71 | 15 | 29.53 | 4.73 | 516 | 42 | 10 | 47.40 | 4.20 |
| VL-15 | 497 | 59 | 13 | 33.69 | 4.54 | 499 | 48 | 8 | 56.38 | 6.00 |
| VL-16 | 509 | 62 | 15 | 29.80 | 4.13 | 511 | 36 | 10 | 47.50 | 3.60 |
| VL-17 | 492 | 68 | 10 | 42.40 | 6.80 | 494 | 39 | 6 | 75.83 | 6.50 |
| VL-18 | 504 | 56 | 15 | 29.87 | 3.73 | 506 | 45 | 10 | 46.10 | 4.50 |
| VL-19 | 487 | 59 | 17 | 25.18 | 3.47 | 489 | 33 | 12 | 38.00 | 2.75 |
| VL-20 | 499 | 65 | 19 | 22.84 | 3.42 | 501 | 36 | 14 | 33.21 | 2.57 |
| VL-21 | 482 | 53 | 10 | 42.90 | 5.30 | 484 | 42 | 7 | 63.14 | 6.00 |
| VL-22 | 494 | 56 | 12 | 36.50 | 4.67 | 496 | 30 | 7 | 66.57 | 4.29 |
| VL-23 | 477 | 62 | 14 | 29.64 | 4.43 | 479 | 33 | 9 | 49.56 | 3.67 |
| VL-24 | 489 | 50 | 11 | 39.91 | 4.55 | 491 | 39 | 6 | 75.33 | 6.50 |
| VL-25 | 472 | 53 | 13 | 32.23 | 4.08 | 474 | 27 | 8 | 55.88 | 3.38 |
| DISPONIBILIDAD | | | | 87.13 | | 92.77 | | | | |

Anexo 09.

Formatos de control

09.1 Reporte de inspección

| FORMATO DE INSPECCIÓN DE NEUMÁTICOS DE COSTO X KILÓMETRO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------------------------|----------|-----------|---------------------------------------|-----------------------|---------------|-----------------------|---------|---------|---------|-----------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------|-----------|-----|---------|---------|---------|
| DATOS GENERALES DEL NEUMÁTICO | | | | | | | | PRESIÓN & PROFUNDIDAD | | | | TAREA REALIZADA | | | Destino Final del neumático | REGISTRO DE NEUMÁTICOS INSTALADOS | | | | | | |
| Posición | Código Interno | Marca (fabricante del neumático) | Diseño | Dimensión | O/R (neumático Original o Reencauche) | Diseño del reencauche | Presión (Psi) | Externa | Central | Interna | Reparar | Rotar | Posición Final | Código Interno | | Marca | Diseño | Dimensión | O/R | Externa | Central | Interna |
| PLACA | 1 | T11 | Goodyear | G665 | 295/80 | O | | 100 | 16 | 16 | 16 | X | 2 | | | | | | | | | |
| | 2 | T12 | Goodyear | G665 | 295/80 | R | M250 | 100 | 3 | 3 | 3 | | 8 | Desecho | T13 | Goodyear | G665 | 295/80 | O | 16 | 16 | 16 |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kilometraje | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Modelo | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Repuesto #1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Repuesto #2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Observaciones: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

09.2 Inspección de presiones

| VOLQUETES: INSPECCION DE NEUMATICOS TUKARI | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|-----------------|---|---|---|--------------|---|---|---|-----------------|----|----|----|---------------|
| FECHA: / / | | | | | | | | | | | | | | |
| VOLQUETE | DATOS | EJE DIRECCIONAL | | | | EJE TRACCION | | | | | | | | OBSERVACIONES |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| VL-01 | MSK (MM) | | | | | | | | | | | | | |
| | PRESION (PSI) | | | | | | | | | | | | | |
| VL-02 | NSK (MM) | | | | | | | | | | | | | |
| | PRESION (PSI) | | | | | | | | | | | | | |
| VL-03 | NSK (MM) | | | | | | | | | | | | | |
| | PRESION (PSI) | | | | | | | | | | | | | |
| VL-04 | NSK (MM) | | | | | | | | | | | | | |
| | PRESION (PSI) | | | | | | | | | | | | | |
| VL-05 | NSK (MM) | | | | | | | | | | | | | |
| | PRESION (PSI) | | | | | | | | | | | | | |
| VL-06 | NSK (MM) | | | | | | | | | | | | | |
| | PRESION (PSI) | | | | | | | | | | | | | |
| VL-07 | NSK (MM) | | | | | | | | | | | | | |
| | PRESION (PSI) | | | | | | | | | | | | | |
| VL-08 | NSK (MM) | | | | | | | | | | | | | |
| | PRESION (PSI) | | | | | | | | | | | | | |
| VL-09 | NSK (MM) | | | | | | | | | | | | | |
| | PRESION (PSI) | | | | | | | | | | | | | |
| VL-10 | NSK (MM) | | | | | | | | | | | | | |
| | PRESION (PSI) | | | | | | | | | | | | | |
| VL-11 | NSK (MM) | | | | | | | | | | | | | |
| | PRESION (PSI) | | | | | | | | | | | | | |
| VL-12 | NSK (MM) | | | | | | | | | | | | | |
| | PRESION (PSI) | | | | | | | | | | | | | |
| | | TEC. NEUMATICOS | | | | | | | | PLANNER MANTTO. | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | JEFE DE FLOTA |

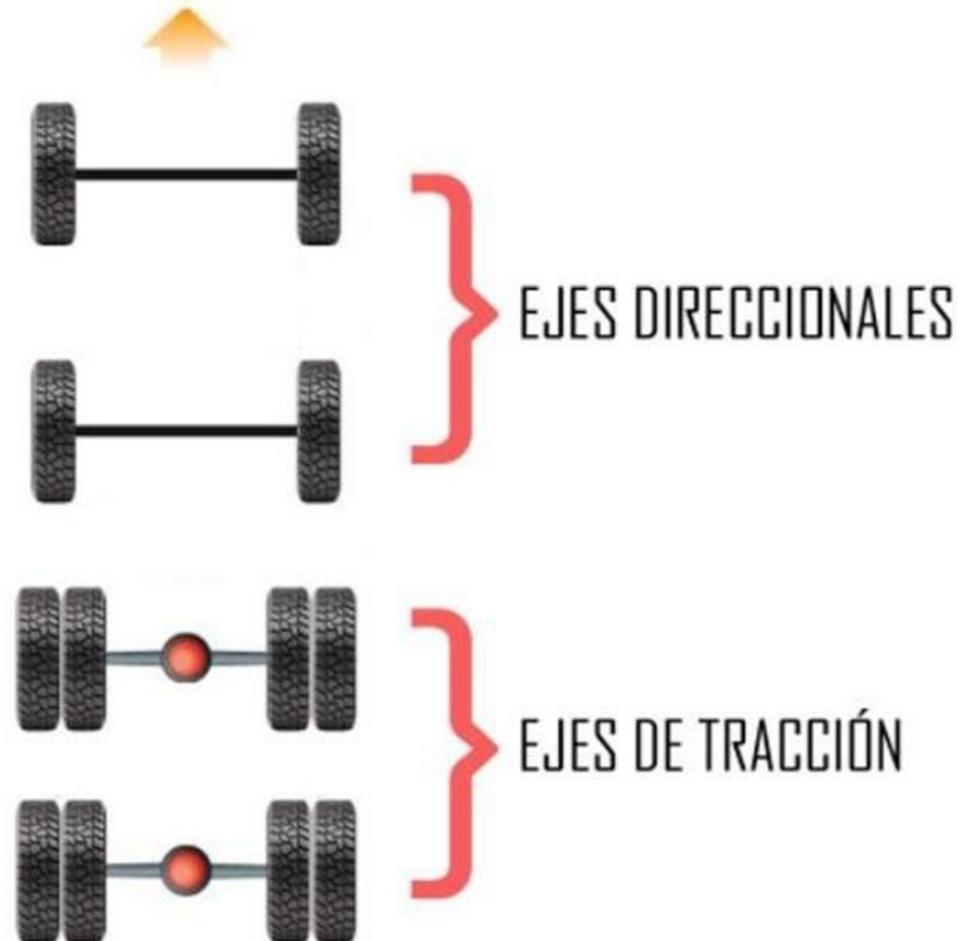
Anexo 10.

Equipos relacionados con la población de la investigación.

| EQUIPO | MARCA | MODELO | CANTIDAD |
|-----------------------------|---------------|-----------------|-----------------|
| TRACTOR SOBRE ORUGAS | CATERPILLAR | D6T | 01 |
| | | D8T | 01 |
| EXCAVADORA | CATERPILLAR | 365CL | 01 |
| | | 345CL | 02 |
| | | 329DL | 01 |
| PERFORADORA | ATLAS COPCO | DM45 | 01 |
| MOTONIVELADORA | CATERPILLAR | 140H | 01 |
| VOLQUETES | MERCEDES BENZ | ACTROS 4144K | 25 |

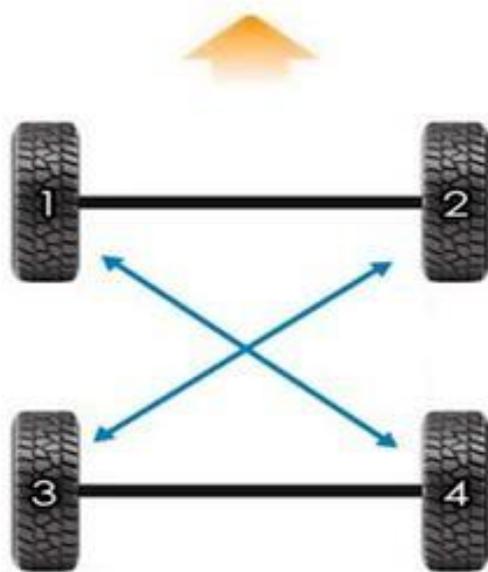
Anexo 11.

Configuración de neumáticos en 8x4 del volquete

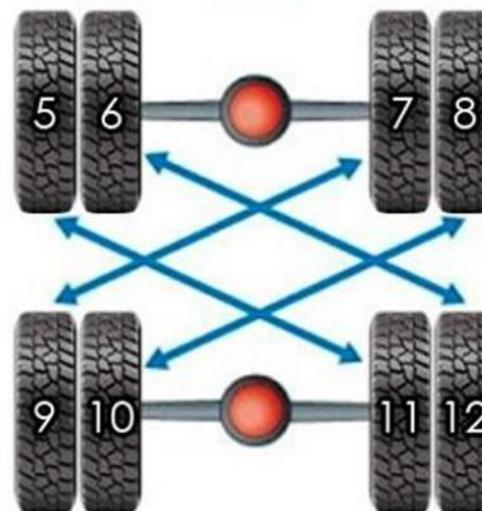


Anexo 12.

Modelo de rotación de neumáticos.



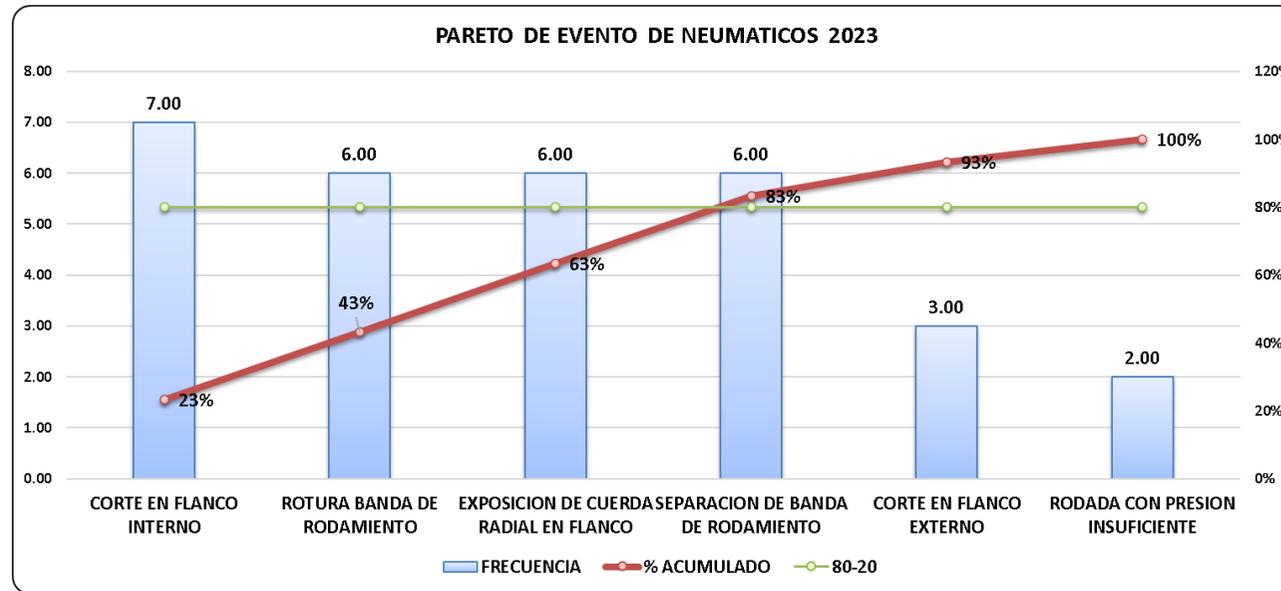
Direccionales



Tracción

Anexo 13.

Daños de neumáticos según diagrama de Pareto.



| CONCEPTO | FRECUENCIA | % ACUMULADO | 80-20 |
|---------------------------------------|------------|-------------|-------|
| CORTE EN FLANCO INTERNO | 7.00 | 23% | 80% |
| ROTURA BANDA DE RODAMIENTO | 6.00 | 43% | 80% |
| EXPOSICION DE CUERDA RADIAL EN FLANCO | 6.00 | 63% | 80% |
| SEPARACION DE BANDA DE RODAMIENTO | 6.00 | 83% | 80% |
| CORTE EN FLANCO EXTERNO | 3.00 | 93% | 80% |
| RODADA CON PRESION INSUFICIENTE | 2.00 | 100% | 80% |

Anexo 14.

Pesaje de carga transportada.

PESO BRUTO: 48.000

PESO NETO: 17.120 Kg.

CARGA UTIL: 30.880 Kg

