

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
DE ENERGÍA



**“GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN ANÁLISIS DE
ACEITES PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA DE
CAMIONES VOLQUETES DE 17 M3 EN UNA MINA SUBTERRÁNEA,
AYACUCHO 2023”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
GERENCIA DEL MANTENIMIENTO

AUTOR

MANUEL ERNESTO BOZZO CORNEJO

ASESOR

Mg. Ing. ALFONSO SANTIAGO CALDAS BASAURI

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA, TECNOLOGÍA

Callao, 2023

PERÚ

Document Information

Analyzed document	17. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION (MANUEL BOZZO.pdf (D174124411))
Submitted	9/18/2023 9:38:00 PM
Submitted by	UNIDAD DE POSGRADO FIME 2023
Submitter email	fime.posgrado@unac.edu.pe
Similarity	20%
Analysis address	fime.posgrado.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

- Universidad Nacional del Callao / 1. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION_JORGE_NICHO_RAMOS.pdf**
SA Document 1. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION_JORGE_NICHO_RAMOS.pdf (D174124394) 7
Submitted by: fime.posgrado@unac.edu.pe
Receiver: fime.posgrado.unac@analysis.arkund.com
- Universidad Nacional del Callao / 10. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIFGACION Carlos Dolmos_& Luis Barrantes Levantamiento de observaciones (1).pdf**
SA Document 10. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIFGACION Carlos Dolmos_& Luis Barrantes_Levantamiento de observaciones (1).pdf (D174124404) 10
Submitted by: fime.posgrado@unac.edu.pe
Receiver: fime.posgrado.unac@analysis.arkund.com
- Universidad Nacional del Callao / 14. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION FARFAN ENCISO.pdf**
SA Document 14. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION FARFAN ENCISO.pdf (D174124408) 3
Submitted by: fime.posgrado@unac.edu.pe
Receiver: fime.posgrado.unac@analysis.arkund.com
- Universidad Nacional del Callao / 15. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION DURAND - GRANDEZ levantamiento de observaciones.pdf**
SA Document 15. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION DURAND - GRANDEZ levantamiento de observaciones.pdf (D174124409) 2
Submitted by: fime.posgrado@unac.edu.pe
Receiver: fime.posgrado.unac@analysis.arkund.com
- TESIS PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ELECTRONICO - LUIS ALBERTO CUADRADO CAMPO.pdf**
SA Document TESIS PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ELECTRONICO - LUIS ALBERTO CUADRADO CAMPO.pdf (D136926972) 1
- 13- Trabajo de titulación Emilio Solorzano PDF.pdf**
SA Document 13- Trabajo de titulación Emilio Solorzano PDF.pdf (D116323119) 3
- Universidad Nacional del Callao / 12. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION PEDRO COCANEGRA.pdf**
SA Document 12. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION PEDRO COCANEGRA.pdf (D174124406) 3
Submitted by: fime.posgrado@unac.edu.pe
Receiver: fime.posgrado.unac@analysis.arkund.com



Universidad Nacional del Callao / 2. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION UTRILLA MARRES.pdf

SA Document 2. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION UTRILLA MARRES.pdf (D174124395)  4
Submitted by: fime.posgrado@unac.edu.pe
Receiver: fime.posgrado.unac@analysis.orkund.com

SA **NRC 4260 - NAJARRO NAJARRO.docx**
Document NRC 4260 - NAJARRO NAJARRO.docx (D148487506)  2

SA **EF_TALLERDETESIS2_NavarroBeltranMartinGilberto.docx**
Document EF_TALLERDETESIS2_NavarroBeltranMartinGilberto.docx (D151610362)  1

Universidad Nacional del Callao / 3. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION TERRONES CABANILLAS.pdf

SA Document 3. INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION TERRONES CABANILLAS.pdf (D174124396)  1
Submitted by: fime.posgrado@unac.edu.pe
Receiver: fime.posgrado.unac@analysis.orkund.com

SA **RSF_Pesantes_Yopla.docx**
Document RSF_Pesantes_Yopla.docx (D109907202)  1

W URL: <https://es.linkedin.com/pulse/fiabilidad-confiabilidad-disponibilidad-y-parecidas-pero-mu%C3%B...>
Fetched: 2/13/2021 12:30:54 AM  2

Universidad Nacional del Callao / 5. TESIS - CACERES SANCHEZ CHRISTIAN KEVIN.pdf

SA Document 5. TESIS - CACERES SANCHEZ CHRISTIAN KEVIN.pdf (D142844848)  1
Submitted by: investigacion.fime@unac.pe
Receiver: investigacion.fime.unac@analysis.orkund.com

SA **Trabajo Suficiencia_Marco La Rosa Valles.docx**
Document Trabajo Suficiencia_Marco La Rosa Valles.docx (D140697098)  1

W URL: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/view/1266>
Fetched: 11/23/2021 2:46:31 AM  1

Entire Document

51% **MATCHING BLOCK 1/43** **SA** 1: INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION_JOR ... (D174124394)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO ESCUELA DE POSGRADO UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA "GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN ANÁLISIS DE ACEITES PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA DE CAMIONES VOLQUETES DE 17 M3 EN UNA MINA SUBTERRÁNEA, AYACUCHO 2023" TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN GERENCIA DEL MANTENIMIENTO AUTOR: MANUEL ERNESTO BOZZO CORNEJO ASESOR: Mg. Ing. ALFONSO SANTIAGO CALDAS BASAURI LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Ingeniería y Tecnología Callao, 2023 PERÚ INFORMACIÓN BÁSICA FACULTAD: Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía. UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía.

TÍTULO: *

Gestión del mantenimiento

predictivo basado en análisis de aceites para la mejora de la disponibilidad

de la flota de camiones volquetes de 17 m 3 en una minería subterránea, Ayacucho 2023". AUTOR: • MANUEL ERNESTO BOZZO CORNEJO • Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8558-9928> • DNI: 40792916 ASESOR: • Mg. Ing.



43% **MATCHING BLOCK 2/43** **SA** 1: INFORME DE TESIS FINAL DE INVESTIGACION_JOR ... (D174124394)

ALFONSO SANTIAGO CALDAS BASAURI • Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7549-9721> • DNI: 08581686 LUGAR DE EJECUCIÓN: Ayacucho, Perú. UNIDAD DE ANÁLISIS: Flota de camiones volquetes de 17 m 3. TIPO: Aplicada. ENFOQUE: Cuantitativo. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Pre - experimental. TEMA OCDE: 2.03.01 -- Ingeniería Mecánica.

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía.

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía.

TÍTULO: "Gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites para la mejora de la disponibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una minería subterránea, Ayacucho 2023".

AUTOR:

- MANUEL ERNESTO BOZZO CORNEJO
- Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8558-9928>
- DNI: 40792916

ASESOR:

- Mg. Ing. ALFONSO SANTIAGO CALDAS BASAURI
- Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7549-9721>
- DNI: 08581686

LUGAR DE EJECUCIÓN: Ayacucho, Perú.

UNIDAD DE ANÁLISIS: Flota de camiones volquetes de 17 m³.

TIPO: Aplicada.

ENFOQUE: Cuantitativo.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Pre - experimental.

TEMA OCDE: 2.03.01 -- Ingeniería Mecánica.

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

JURADO EXAMINADOR Y ASESOR DE TESIS

Presidente: Dr. Pablo Godofredo Arellano Ubilluz

Secretario: Mg. Juan Adolfo Bravo Félix

Miembro: Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez

Miembro: Mg. Yolanda Rosa Ávalos Sigüenza

N° DE LIBRO: 01 FOLIO: 98-99

N° DE ACTA DE SUSTENTACIÓN: 017-2023-ICTT/UPG

FECHA DE APROBACIÓN DE TESIS: 29/10/2023

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a mi familia que siempre me apoya e ilumina mi trajinar profesional y me sirven de motivación en el logro de mis metas y objetivos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a nuestros profesores por los conocimientos impartidos para poder aplicarlos en resolver los problemas que se presentan día a día.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1. Descripción de la realidad problemática	13
1.2. Formulación del problema.....	14
1.2.1. Problema general	14
1.2.2. Problemas específicos	14
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivos específicos.....	15
1.4. Justificación	15
1.4.1. Justificación normativa	15
1.4.2. Justificación tecnológica.....	15
1.4.3. Justificación económica.....	16
1.5. Delimitantes de la investigación	16
1.5.1. Delimitación teórica	16

1.5.2.	Delimitación temporal	16
1.5.3.	Delimitación espacial.....	17
II.	MARCO TEÓRICO	18
2.1.	Antecedentes	18
2.1.1.	Antecedentes internacionales	18
2.1.2.	Antecedentes nacionales	23
2.2.	Bases teóricas	27
2.2.1.	Gestión de activos.....	27
2.2.2.	Gestión del mantenimiento.....	29
2.2.3.	Gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites	29
2.3.	Marco conceptual.....	31
2.3.1.	Mantenibilidad	31
2.3.2.	Fiabilidad	32
2.3.3.	Disponibilidad	33
2.4.	Definición de términos básicos	35
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	37
3.1.	Hipótesis	37
3.1.1.	Hipótesis general.....	37
3.1.2.	Hipótesis específicas.....	37
3.2.	Operacionalización de las variables.....	37
3.2.1.	Operacionalización de la variable independiente	37
3.2.2.	Operacionalización de la variable dependiente	37
IV.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	40

4.1.	Diseño metodológico.....	40
4.2.	Método de investigación	41
4.3.	Población y muestra.....	42
4.4.	Lugar de estudio y periodo desarrollado	42
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	43
4.6.	Análisis y procesamiento de datos.....	43
4.7.	Aspectos éticos en investigación	52
V.	RESULTADOS.....	53
5.1.	Resultados descriptivos	53
5.2.	Resultados inferenciales	59
5.2.1.	Resultado inferencial de la hipótesis general	59
5.2.2.	Resultados inferenciales de las hipótesis específicas.....	61
5.3.	Otro tipo de resultados estadísticos.....	65
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	69
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.	69
6.1.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis general	69
6.1.2.	Contrastación y demostración de las hipótesis específicas.....	70
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	71
6.3.	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	73
VII.	CONCLUSIONES.....	74
VIII.	RECOMENDACIONES	75
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
	ANEXOS	79

1. Matriz de consistencia.....	80
2. Consentimiento informado	81
3. Base de datos	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Matriz de operacionalización de la variable independiente	38
Tabla 3.2 Matriz de operacionalización de la variable dependiente	39
Tabla 5.1 Datos descriptivos de la disponibilidad antes y después de la nueva gestión del mantenimiento	55
Tabla 5.2 Datos descriptivos de la mantenibilidad, a través del MTTR antes y después de la nueva gestión del mantenimiento	56
Tabla 5.3 Datos descriptivos de la fiabilidad, a través del MTBF antes y después de la nueva gestión del mantenimiento	56
Tabla 5.4 Prueba de normalidad de los datos de disponibilidad	59
Tabla 5.5 Prueba T de Student de los datos de disponibilidad antes y después de la nueva gestión del mantenimiento	60
Tabla 5.6 Prueba de normalidad de los datos de mantenibilidad, a través del MTTR	61
Tabla 5.7 Prueba T de Student de los datos de mantenibilidad, a través del MTTR antes y después de la nueva gestión del mantenimiento	62
Tabla 5.8 Prueba de normalidad de los datos de fiabilidad, a través del MTBF	63
Tabla 5.9 Prueba T de Student de los datos de fiabilidad, a través del MTBF antes y después de la nueva gestión del mantenimiento	64
Tabla 10.1 Matriz de consistencia	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Árbol de actividades de mantenimiento	31
Figura 4.1 Mapa de ruta.....	45
Figura 4.2 Recomendaciones para la correcta toma de muestra de aceites ...	47
Figura 4.3 Organigrama de la nueva gestión del mantenimiento	48
Figura 4.4 Árbol de actividades de la nueva gestión del mantenimiento.....	49
Figura 4.5 Imagen de una toma de muestra de aceite con bomba de succión	50
Figura 4.6 Comparación de la cantidad de backlogs cerrados antes y después de la nueva gestión del mantenimiento.....	51
Figura 4.7 Comparación de la cantidad de PM programados cumplidos cerrados antes y después de la nueva gestión del mantenimiento.....	51
Figura 4.8 Comparación del promedio de horas trabajadas por equipo antes y después de la nueva gestión del mantenimiento	52
Figura 5.1 Evolución de la disponibilidad	53
Figura 5.2 Evolución de la mantenibilidad, a través del MTTR	54
Figura 5.3 Evolución de la fiabilidad, a través del MTBF	54
Figura 5.4 Ingreso de datos en el SPSS	55
Figura 5.5 Comparación de la disponibilidad media antes y después de la nueva gestión del mantenimiento.....	57
Figura 5.6 Comparación de la mantenibilidad media, a través del MTTR antes y después de la nueva gestión del mantenimiento	58
Figura 5.7 Comparación de la fiabilidad media, a través del MTBF antes y después de la nueva gestión del mantenimiento	58

Figura 5.8 Histograma de la disponibilidad antes de la nueva gestión del mantenimiento.....	65
Figura 5.9 Histograma de la disponibilidad después de la nueva gestión del mantenimiento.....	66
Figura 5.10 Histograma de la mantenibilidad, a través del MTTR antes de la nueva gestión del mantenimiento.....	67
Figura 5.11 Histograma de la mantenibilidad, a través del MTTR después de la nueva gestión del mantenimiento.....	67
Figura 5.12 Histograma de la fiabilidad, a través del MTBF antes de la nueva gestión del mantenimiento	68
Figura 5.13 Histograma de la fiabilidad, a través del MTBF después de la nueva gestión del mantenimiento	68
Figura 10.1 Reporte SAP de medición de tiempos de OT	82
Figura 10.2 Datos de tiempos y KPI del semestre jun'22 - nov'22	83
Figura 10.3 Datos de tiempos y KPI del mes de dic'22	84
Figura 10.4 Datos de tiempos y KPI del mes de ene'23	85
Figura 10.5 Datos de tiempos y KPI del mes de feb'22	86
Figura 10.6 Datos de tiempos y KPI del mes de mar'22	87
Figura 10.7 Datos de tiempos y KPI del mes de abr'22	88
Figura 10.8 Datos de tiempos y KPI del mes de may'22.....	89
Figura 10.9 Reporte de análisis de aceites	90

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CBM: “Condition Based Maintenance” Mantenimiento basado en la condición.

Disp.: Disponibilidad.

IBM: “International Business Machines” Máquinas de negocios internacionales.

KPI: “Key Performance Indicator” Indicador clave de rendimiento.

MTBF: “Mean Time Between Failures” Tiempo medio entre fallas.

MTTR: “Mean Time To Repair” Tiempo medio de reparación.

Nro.: Número.

OT: Orden de Trabajo.

PET: Procedimiento Escrito de Trabajo.

PM: “Preventive Maintenance” Mantenimiento Preventivo.

RRHH: Recursos Humanos.

SAP: “System Analyse Programmentwicklung” Desarrollo de programas de sistemas de análisis.

SIG: Sistema Integrado de Gestión.

SPSS: “Statistical Package for Social Sciences” Paquete estadístico para las ciencias sociales.

SSOMAC: Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Calidad.

RESUMEN

El trabajo de investigación desarrollado presentó una nueva gestión del mantenimiento, en donde se implementó un mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites a cero costos relativos, aplicado a una flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, ubicada en el departamento de Ayacucho en Perú. La gestión anterior realizaba un mantenimiento correctivo sin herramientas modernas de diagnóstico, los equipos regresaban constantemente debido a que no se detectaba la causa raíz de la falla, lo cual ocasionaba altos tiempos de reparaciones y consecuentemente se tenía una baja disponibilidad. El objetivo era determinar cómo la nueva gestión del mantenimiento mejoraba la mantenibilidad, fiabilidad y disponibilidad de la flota de equipos.

En la nueva gestión del mantenimiento se involucró a todas las áreas de la empresa, y se realizaron contratos con el representante del fabricante; un contrato de servicio por un personal técnico con su relevo, que incluía su herramienta moderna de diagnóstico; y otro contrato de consignación de repuestos e insumos originales puestos en mina; en la negociación de estos contratos se logró que los análisis de aceites fueran realizados por el laboratorio del fabricante a costo cero. Se tomaron los datos de referencia por el periodo de un semestre anterior y un semestre posterior de aplicada la nueva gestión del mantenimiento, con lo cual se comprobó que los datos siguen una distribución normal, con lo que se aplicó la prueba paramétrica T de Student para muestras emparejadas, obteniendo que la disponibilidad mejoró en 5.1%, el MTTR en 18.1% y el MTBF en 45.5%.

Palabras Clave: Mantenimiento predictivo, análisis de aceite, disponibilidad, mantenibilidad, fiabilidad.

RESUMO

O trabalho de pesquisa desenvolvido apresentou um novo gerenciamento de manutenção, no qual uma manutenção preditiva baseada na análise de óleo foi implementada a custo relativo zero, aplicada a uma frota de caminhões basculantes de 17 m³ em uma mina subterrânea, localizada no departamento de Ayacucho, no Peru. A gerência anterior realizava manutenção corretiva sem ferramentas modernas de diagnóstico; o equipamento retornava constantemente devido à incapacidade de detectar a causa raiz da falha, o que causava altos tempos de reparo e, conseqüentemente, baixa disponibilidade. O objetivo era determinar como a nova gestão de manutenção melhorou a capacidade de manutenção, a confiabilidade e a disponibilidade da frota de equipamentos.

Na nova gestão de manutenção, todas as áreas da empresa foram envolvidas, e foram feitos contratos com o representante do fabricante; um contrato de serviço para o pessoal técnico com sua assistência, que incluía sua moderna ferramenta de diagnóstico; e outro contrato para consignação de peças de reposição originais e suprimentos colocados na mina; na negociação desses contratos, as análises de óleo foram realizadas pelo laboratório do fabricante a custo zero. Os dados de referência foram tomados para o período de um semestre antes e um semestre depois da aplicação da nova gestão de manutenção, o que comprovou que os dados seguem uma distribuição normal, com o que foi aplicado o teste paramétrico T de Student para amostras pareadas, obtendo-se que a disponibilidade melhorou em 5,1%, o MTTR em 18,1% e o MTBF em 45,5%.

Palavras-chave: Manutenção preditiva, análise de óleo, disponibilidade, manutenibilidade, confiabilidade.

INTRODUCCIÓN

Según (ACUÑA, 2003), pág. 15, la feroz competencia en los mercados nacionales e internacionales obliga a las empresas a basar su estrategia en cuatro factores básicos: precio, calidad, fiabilidad y entrega; lo que hace que estas estrategias sean populares hoy en día, es la realidad de que el éxito será para quienes logren llegar primeros, con una calidad satisfactoria para el cliente y precio razonable y asequible para el nicho de mercado objetivo.

En Ecuador existen investigaciones como (SOLORZANO, 2022), donde planteó un modelo de gestión de mantenimiento basado en un sistema que adopta las particularidades del proceso de mejora continua y lo aplicó a la empresa durante un período de seis meses, aplicados a los niveles operativos y administrativos; así también en Cuba como (MACIAS, y otros, 2021), donde el objetivo fue evaluar el estado de la gestión del mantenimiento del equipo, a través de la aplicación de indicadores de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.

En el Perú existen investigaciones como (PEREZ, y otros, 2018), donde el objetivo del trabajo de investigación es proponer una gestión del mantenimiento para la reducción de costos en el sector electromecánico del Hospital Regional de Lambayeque, para que el equipo pueda realizar sus operaciones de manera eficiente, permitiendo estar con disposición para cumplir con las necesidades de servicio del hospital.

Se describe la realidad problemática de la empresa, que no contaba con un plan de mantenimiento predictivo, solo realizaba tareas del mantenimiento preventivo con insumos alternativos, y del mantenimiento correctivo por lo general se realizaba de manera reactiva; esto conllevó a tener bajos

indicadores como el MTTR, el MBTF y la disponibilidad de la flota de camiones volquetes; si se continuaba con la anterior gestión del mantenimiento, la baja disponibilidad de los equipos iba a seguir impactando negativamente a los intereses de la empresa.

El objetivo principal de la presente investigación es determinar cómo una nueva gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora los indicadores de la flota de equipos, tales indicadores son el MTTR, el MTBF y la disponibilidad.

En el marco teórico, se describe los antecedentes nacionales e internacionales, las bases teóricas, el marco conceptual y la definición de términos básicos; se formulan las hipótesis y se definen las variables; se describe la metodología del proyecto; se indican los resultados y su discusión; y finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Según (INTI, y otros, 2019), indica que la demanda de la globalización representa un mercado altamente competitivo en un entorno en constante cambio, con desarrollos que superan la capacidad de respuesta de las empresas; en este contexto de competencia, tener altos indicadores de mantenimiento es un plus para ser competitivos y destacar; y como indica (ACUÑA, 2022), pág. 6-43, no se debe descuidar el impacto o daños a personas, propiedades y demás aspectos que afectan el desarrollo normal de las actividades que se realizan en mantenimiento.

Las empresas contratistas en el Perú, realizan servicios a los titulares mineros, que son los que cuentan con las concesiones con el estado peruano, estas empresas contratistas tienen que invertir en la adquisición de activos, que principalmente son flota de maquinarias, y en la mayoría de casos lo adquieren a través de leasing con el sistema financiero; entonces se enfocan en llevar un control de la vida útil de estos activos, donde se realizan mediciones y seguimiento a la disponibilidad de estos equipos y así asegurar el cumplimiento del servicio.

La empresa es una contratista de minería subterránea, que realiza el servicio de transporte de materiales mineros como mineral, desmonte y otros durante las 24 horas para nuestro cliente, el titular minero quien es el que tiene la concesión con el estado peruano; la locación es en una mina subterránea en Ayacucho, Perú; para ello el personal se divide en 03 guardias para cubrir el régimen minero, se cuenta con una flota de camiones volquetes, en donde el 50% son equipos en la mitad de su vida útil y el otro 50% son equipos del nuevo modelo euro5, y debido a que estos equipos son de tecnología electrónica, se requiere de herramientas

modernas de diagnóstico, herramientas que no cuenta el personal técnico de mantenimiento.

La empresa no cuenta con un plan de mantenimiento predictivo, solo se realizan tareas del mantenimiento preventivo con insumos alternativos, y el mantenimiento correctivo por lo general se realiza de manera reactiva; esto conlleva a tener bajos indicadores como el MTTR, el MBTF y la disponibilidad de la flota de camiones volquetes; si se continuaba con la anterior gestión del mantenimiento, la baja disponibilidad de los equipos iba a seguir impactando negativamente a los intereses de la empresa.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la disponibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la mantenibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023?
2. ¿La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la fiabilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar cómo la gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la disponibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Determinar cómo la gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la mantenibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023.
2. Determinar cómo la gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la fiabilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación normativa

La investigación presentó una justificación normativa debido a que se utilizó la norma europea (UNE-EN 13306, 2018), de donde se utilizó las actividades de mantenimiento correctivo y preventivo, ajustándolo a la estructura y condiciones de la empresa.

1.4.2. Justificación tecnológica

La investigación presentó una justificación tecnológica debido a que, dentro del plan de mantenimiento correctivo, se contrató el servicio de un técnico especializado que incluyó una herramienta

tecnológica moderna del fabricante, herramienta que utiliza un programa compatible con los modelos de equipos que tiene la empresa, y usa un conector de interfase para extraer la información de las memorias de las tarjetas electrónicas del equipo, para que el programa realice el diagnóstico de las fallas, y así llegar rápidamente a la causa raíz; para que finalmente el personal técnico realice la respectiva reparación y/o calibración y pueda liberar al equipo para que continúe operativo.

1.4.3. Justificación económica

La investigación presentó una justificación económica debido a que la implementación del mantenimiento predictivo, basado en análisis de aceites, fue a costo cero.

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Delimitación teórica

La investigación presentó una delimitante teórica debido a que en el país hay pocas investigaciones recientes en el tema, del nivel de artículos científicos o tesis doctorales.

1.5.2. Delimitación temporal

La investigación presentó un delimitante temporal debido a que se llevó a cabo durante los años 2022 - 2023, con el diagnóstico de referencia tomado del semestre jun'22 - nov'22, y con la implementación de una nueva gestión del mantenimiento que se aplicó durante el semestre dic'22 - may'23.

1.5.3. Delimitación espacial

La investigación presentó una delimitante espacial, debido a que la flota de volquetes realizó el servicio de transporte de materiales en una unidad minera subterránea, que está ubicada en el departamento de Ayacucho, Perú.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

- Según (CRESPO, y otros, 2020), en su artículo titulado “Diseño de planes CBM, basados en análisis predictivo y herramientas de Big Data, para rodamientos de ruedas de trenes” indica que las flotas de trenes modernas tienen requisitos muy exigentes en cuanto a seguridad de los pasajeros, confiabilidad y disponibilidad del servicio de trenes, comodidad y costos del ciclo de vida. Para alcanzar estos objetivos, los intervalos de mantenimiento de más de treinta mil kilómetros, además de objetivos sin fallas graves que superan el millón y medio de kilómetros, se están convirtiendo en un estándar. Esto requiere que los fabricantes desarrollen diseños audaces y utilicen herramientas de ingeniería avanzadas para las operaciones y el mantenimiento (O&M) de dichos trenes. Las soluciones de mantenimiento basado en la condición (CBM), que utilizan sistemas de monitoreo de condición y algoritmos avanzados para detectar el inicio del deterioro, pueden permitir suficiente tiempo para el mantenimiento antes de que se desarrollen fallas graves, lo que aumenta la seguridad, la confiabilidad y la disponibilidad al mismo tiempo que ayuda a reducir los gastos de operación y mantenimiento y el costo total de propiedad. Este documento aplica análisis predictivos, procesos y herramientas de big data para diseñar planes CBM para rodamientos de ejes de trenes, para aumentar tanto los intervalos de mantenimiento preventivo (PM) como la confiabilidad de los trenes. El documento detalla cómo el modelo predictivo de aprendizaje automático se selecciona y cómo se entrena el modelo con diferentes conjuntos de datos. Los procesos de big data permiten probar y aceptar un modelo

universal por posición de rodamiento independientemente del eje o tren de la flota, superando la complejidad que podría generar la no ergodicidad de estos activos. La originalidad de este trabajo consiste en la capacidad de identificar anomalías relacionadas con el deterioro de los rodamientos, mediante un modelado innovador y la predicción de la temperatura de los rodamientos del eje utilizando análisis de datos. Además, las reglas de interpretación para la detección temprana de fallas basadas en estos análisis predictivos avanzados se comparan con las reglas ya existentes en el sistema de monitoreo de control a bordo del tren (TCMS) que garantizan la seguridad del tren. Las conclusiones del trabajo están relacionadas con el proceso seguido y la validez de los resultados. El presente antecedente internacional aporta a la investigación en diseñar un mantenimiento predictivo basado en la condición para detectar el inicio de las fallas y así dar tiempo para la mejora de los indicadores del mantenimiento de los equipos.

- Según (RAPOSO, y otros, 2019), en su artículo titulado “Monitoreo de condición con predicción basada en análisis de aceite de motor diésel: un estudio de caso para autobuses urbanos” presenta un caso de estudio y un modelo para predecir intervenciones de mantenimiento basado en el monitoreo de la condición del aceite del motor diesel en autobuses urbanos mediante el seguimiento de la evolución de su degradación. Muchas veces, en condiciones normales de funcionamiento, las propiedades de los lubricantes, en base a los intervalos que recomiendan los fabricantes para su cambio, se encuentran dentro de las condiciones normales y de seguridad. Entonces, si se acompaña adecuadamente la condición del aceite de los lubricantes, hasta alcanzar los límites de degradación, se pueden ampliar los intervalos de

reposición de aceite, lo que significa que aumenta la disponibilidad de los buses, así como su correspondiente tiempo de producción. En base a esta suposición, se presenta un modelo matemático a seguir y gestionar la condición del aceite, con el fin de predecir la siguiente intervención con el máximo tiempo entre ellas, lo que significa la máxima disponibilidad. El presente antecedente internacional aporta a la investigación en verificar cómo el mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites influye en la disponibilidad de una flota de equipos móviles.

- Según (ALLA, y otros, 2020), en su artículo titulado “Evaluación del desempeño del monitoreo de condición casi en tiempo real en camiones de extracción” indica que el mantenimiento estratégico juega un papel clave para garantizar una alta disponibilidad y utilización de los camiones de acarreo y, a medida que el equipo comenzó a volverse más complejo hacia fines del siglo XX, surgió la necesidad de una estrategia de mantenimiento proactivo, lo que condujo al desarrollo del mantenimiento basado en la condición. El monitoreo de condición en tiempo real (RTCM) es la capacidad de realizar el monitoreo de condición en tiempo real y tiene la capacidad de alertar al mantenimiento y las operaciones de condiciones anormales. Estas alarmas se pueden usar como una indicación que conduce a un problema y, si se inicia una acción correctiva adecuada a tiempo, podría generar ahorros significativos en el tiempo de inactividad del equipo y los costos de reparación. Este estudio tiene como objetivo comparar algunos indicadores de rendimiento de mantenimiento antes y después de la implementación de la estrategia RTCM en una mina utilizando algunas pruebas de significación estadística, estacionalidad en los datos y, por lo tanto, los datos se desestacionalizaron y se

eliminaron las tendencias antes de someterlos a las pruebas estadísticas. Finalmente, los resultados indicaron que la estrategia RTCM ha probado ser exitosa en mejorar la disponibilidad para algunas de las categorías de falla elegidas en este estudio. Este estudio aporta en la investigación en verificar la implementación de una estrategia de mantenimiento que tiene como objetivo comparar algunos indicadores de rendimiento de mantenimiento antes y después de la implementación de la estrategia para mejorar la disponibilidad de una flota de camiones de extracción en una mina subterránea.

- Según (SOLORZANO, 2022), en su artículo titulado “Estrategias de gestión del mantenimiento de volquetes” plantea un modelo de gestión de mantenimiento, basada en un sistema que adopta las particularidades del proceso de mejora continua, en un tiempo de 6 meses, aplicados a los niveles operativos y administrativos. Este modelo de gestión plantea etapas, desarrollados y ejecutados de acordes a la situación actual de los volquetes Sinotruk del GADMEC (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de El Carmen) a fin de optimizar los procesos de planificación, programación y ejecución del mantenimiento en todos sus niveles. La gestión de mantenimiento permitió conocer el nivel operacional y el rendimiento de la unidad en el cumplimiento del actual plan de mantenimiento. Mediante una metodología de análisis de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad para determinar el nivel de los indicadores de mantenimiento en la etapa de observación que permitió levantar los datos y tabularlos a fin de obtener información relevante aplicando un análisis cuantitativo de los indicadores de mantenimiento al aplicar la mencionada gestión, valiéndonos de los resultados de los tiempos

promedios entre fallas, tiempos promedios para reparar y el número paradas programadas y no programadas para el mantenimiento efectivo de los equipos sujetos de estudio. Estos indicadores permitieron determinar el crecimiento de la productividad y calidad de la prestación de servicios a la comunidad con el aumento de disponibilidad como consecuencia de una mejor planeación, programación, organización y control de procesos. El presente antecedente internacional aporta a la investigación en plantear un modelo de gestión por etapas, desarrollados y ejecutados de acuerdo a la situación de una flota de camiones volquetes, para el análisis de los indicadores de mantenimiento como la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.

- Según (BUENAÑO, y otros, 2019), en su artículo titulado “Utilización de la auditoría de mantenimiento y el análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) como herramientas para la identificación de problemas en la gestión de mantenimiento de locomotoras en empresas de ferrocarriles” propone una metodología adaptada a la medición de indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en locomotoras diésel-eléctricas complementándose en una auditoría de gestión de mantenimiento para lograr la identificación de problemas administrativos. El diseño de la investigación es sistemática, no experimental, y empírica. El tipo de estudio es descriptivo, evaluativo, y de campo, con un nivel de investigación inicial y realizado en Ferrocarriles del Ecuador Empresa Pública (FEEP). Se estudian dos variables: estado actual de la Gestión de Mantenimiento, a través de una encuesta de auditoría, aplicada a siete miembros directivos del departamento de mantenimiento. Para la segunda variable Disponibilidad de las locomotoras, se aplica la metodología para

medición CMD en ocho locomotoras analizándose los datos de falla provistos por la empresa. Los resultados obtenidos en la auditoría revelan un estado regular de la gestión con un 55.78%, mientras que el análisis CMD proyecta índices bajos de confiabilidad correctiva de 29.68%, confiabilidad preventiva de 39.77%, mantenibilidad correctiva de 85.79%, mantenibilidad preventiva de 68,80% y una disponibilidad alcanzada de 73.30%. Los resultados permitieron identificar los problemas administrativos principalmente en el mantenimiento preventivo y programado, facultándole a la organización el generar un modelo de gestión de mantenimiento adecuado a su realidad. El presente antecedente internacional aporta a la investigación en la metodología del cálculo de los indicadores como la disponibilidad, mantenibilidad y la fiabilidad de los equipos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

- Según (PEREZ, y otros, 2018), en su artículo titulado “Gestión de mantenimiento para reducir costos en el área de electromecánica en el hospital regional Lambayeque” propone como objetivo una Gestión del Mantenimiento que permita disminuir los costos de mantenimiento en el área electromecánica del hospital Regional Lambayeque lo que a su vez busca que los equipos cumplan con sus funciones operativas de manera eficiente, permitiendo estar con disposición para cumplir con las necesidades de servicio del hospital. Para llevar a cabo la presente investigación se emplearon distintos indicadores para analizar cada variable, tales como: tasa de fallos, disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Así también, costos en el mantenimiento correctivo y preventivo. Para lo cual se desarrollaron instrumentos como ficha de registro, guía de observación y una entrevista. Como

principales resultados se observa que con la aplicación y desarrollo adecuado de una Gestión de Mantenimiento (TPM) se minimizan los índices de tasa de falla de 79% a 20%. Así mismo, se aumenta la confiabilidad de 49% a 82% y se incrementa la disponibilidad de 67% a 95%. Finalmente, en el análisis costo beneficio de la propuesta, se obtiene que por cada sol invertido se tendrá S/ 2.51 de beneficio; generando un ahorro anual de S/ 106,115. El presente antecedente nacional aporta a la investigación en cómo realizar una gestión del mantenimiento ante la baja disponibilidad de los equipos.

- Según (ALAVEDRA, y otros, 2016), en su artículo titulado “Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu” indica que todo sistema es productivo, siempre y cuando opere bajo un mínimo de fallas. Basada en este principio, la investigación en la empresa Komatsu Maquinarias Perú S. A. consistió en el análisis de la situación actual de los equipos y determinó cuál es la relación entre la gestión de mantenimiento preventivo a través de sus indicadores y la disponibilidad. Realizado el análisis, el coeficiente de correlación es 79.1%, lo que nos indica que existe un regular grado de relación entre las variables de disponibilidad MTBF y MTTR. El presente antecedente nacional aporta a la investigación en cómo aplicar una nueva gestión del mantenimiento a una flota de camiones volquetes para mejorar los indicadores de mantenimiento de los equipos, tales indicadores como el MTBF, el MTTR y la disponibilidad.

- Según (PAEZ, 2022), en su artículo titulado “Importancia de la ingeniería de confiabilidad operacional para el desarrollo

empresarial” expone el desarrollo de la ingeniería de confiabilidad operacional para el crecimiento económico y sostenible de las empresas que desean mantenerse, crecer, mejorar y desarrollar su propio entorno dinámico. Para plantear una estrategia que permita alcanzar objetivos empresariales, se explicarán diferentes competencias, entre las que se incluyen el desarrollo empresarial, el crecimiento económico como concepto integrador, la cultura empresarial y la gestión de conocimiento e innovación. Así, se pretende que el empresario identifique la necesidad de capacitarse y ser más competitivo en términos de eficiencia y eficacia de procesos y departamentos y actividades de la empresa, para que esta esté alineada en cuanto a objetivos y metas. El presente antecedente nacional aporta a la investigación en la metodología de la implementación de un plan de mantenimiento durante el periodo de 6 meses en condiciones operativas específicas de los aceites de los equipos.

- Según (RIVAS, y otros, 2020), en su artículo titulado “Modelo de gestión para el control de riesgos en oleoductos, poliductos y gasoductos” indica que la industria del transporte de hidrocarburos combina sus actividades técnicas con la integridad de los sistemas operativos instalados, además de la implementación de la seguridad de los ductos ante fallas y fugas de líquidos peligrosos. Surge, así, el modelo de gestión para el control de riesgos en todos los procesos de envío de productos, en el que se alinea la configuración de los estándares técnicos para operar los ductos en cumplimiento de las condiciones y acciones subestándar, que derivan a la obligatoriedad de mantener la integridad (capacidad instalada). Ello da origen al nivel de gestión del control de riesgo, como alcance del objetivo al nivel máximo de conformidad de las

instalaciones, lo que asegura a todas las unidades operativas alcanzar el desarrollo de nuevos conceptos de trabajo proactivo, y no reactivo, ante los siniestros no planificados. En este estudio, se logró la reducción de los niveles de riesgo significativo del 30.16% al 10.26%, al corte del periodo 2014-2017, lo cual se refleja en una disminución en los efectos de daños en las instalaciones, reducción de las compensaciones extrajudiciales y operación amigable con el ambiente en concordancia con las demandas planificadas en el giro del negocio. El presente antecedente nacional aporta a la investigación en cómo diseñar un modelo de gestión del mantenimiento, interviniendo todos los procesos para reducir el riesgo.

- Según (RAYME, y otros, 2021), en su artículo titulado “Mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en los equipos de medición” indica que el panorama de la energía mundial se encuentra en una transformación, el acceso a la energía es fundamental para terminar con la pobreza. En un marco global, se estima que 100 millones de habitantes están viviendo sin electricidad, la energía es un elemento central de desarrollo, los servicios básicos como las instituciones médicas y educativas se ven afectadas por alguna discontinuidad en su suministro. El objetivo del presente estudio fue determinar como el Mantenimiento Preventivo incrementa la productividad en los equipos de medición de suministro eléctrico. Las variables involucradas en el estudio fueron el independiente mantenimiento preventivo donde se propuso un programa de mantenimiento preventivo con toda la ingeniería que involucra y la dependiente productividad. El enfoque utilizado fue cuantitativo, diseño no experimental, tipo de investigación básica y de nivel propositivo. Se concluye que: El

mantenimiento preventivo incrementó la productividad en los equipos de medición de suministro eléctrico, donde se evidencia un incremento del 46%. El presente antecedente nacional aporta a la investigación en cómo la aplicación de una nueva metodología del mantenimiento evidencia el incremento de los indicadores de los equipos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Gestión de activos

La norma internacional (ISO 55000, 2014), sobre gestión de activos, indica las directrices para que la usen aquellos involucrados en establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de activos; esta norma provee los aspectos generales para la gestión de activos y sistemas de gestión de activos (es decir, sistemas de gestión para la gestión de activos), también provee el contexto para las normas (ISO 55001, 2014) e (ISO 55002, 2018), donde se refieren a un sistema de gestión para la gestión de activos, referido en las tres normas como un “sistema de gestión de activos”. Mientras que la gestión de activos se ocupa de gestionar todo el ciclo de vida de cada equipo, los costos y la depreciación, etc.; la gestión del mantenimiento es un proceso continuo para mejorar la disponibilidad, la fiabilidad, la seguridad y el estado de los activos físicos a lo largo de su vida útil, entonces define los siguientes términos:

- Recursos: La organización debe determinar y proporcionar los recursos necesarios para el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora continua del sistema de gestión de activos.

- Activo: Ítem, objeto o entidad que tiene valor real o potencial para una organización; el valor puede ser tangible o intangible, financiero o extra financiero, incluyendo la consideración de riesgos y obligaciones; puede ser positivo o negativo en las diferentes etapas de vida del activo.

- Acción correctiva: Acción para eliminar la causa de una no conformidad y prevenir su recurrencia.

- Acción preventiva: Acción para eliminar la causa de una no conformidad potencial u otra situación potencial indeseable; la acción preventiva se toma para prevenir la ocurrencia y para preservar la función de un activo, mientras que la acción correctiva se toma para prevenir la recurrencia.

- Acción predictiva: Acción para monitorear la condición de un activo y predecir la necesidad de una acción preventiva o de una acción correctiva; la acción predictiva generalmente se menciona como “seguimiento de condición” o “seguimiento de desempeño”.

- Nivel de servicio: Parámetros o combinación de parámetros que reflejan resultados sociales, políticos, ambientales y económicos que produce la organización; los parámetros pueden incluir seguridad, satisfacción del cliente, calidad, cantidad, capacidad, confiabilidad, capacidad de respuesta, aceptabilidad ambiental, costos y disponibilidad.

2.2.2. Gestión del mantenimiento

La norma (UNE-EN 13306, 2018), especifica los términos y las definiciones para las áreas técnicas, administrativas y de gestión del mantenimiento; la gestión del mantenimiento es un proceso continuo para mejorar la disponibilidad, la fiabilidad, la seguridad y el estado de los activos físicos a lo largo de su vida útil.

Según la norma (ISO 55002, 2018), la gestión del mantenimiento se define como todas las actividades de la gestión que determinan los requisitos, los objetivos, las estrategias y las responsabilidades del mantenimiento y la implantación de dichas actividades por medios tales como la planificación del mantenimiento, el control de este y la mejora de las actividades de mantenimiento y las cuestiones económicas.

Según (ACUÑA, 2022), pág. 6-43, es importante analizar en forma general el rol del mantenimiento de equipos en el aumento de indicadores de estos activos, como la disponibilidad, mantenibilidad y fiabilidad.

2.2.3. Gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites

La nueva gestión del mantenimiento predictivo basado en implementar análisis de aceites de las muestras de lubricantes de los componentes de los equipos, y que estas sean analizadas por un laboratorio del fabricante para que el resultado de los informes sea confiable.

La implementación de esta nueva gestión tendrá que involucrar a las principales áreas de la empresa dentro de un sistema integrado de gestión, como sigue:

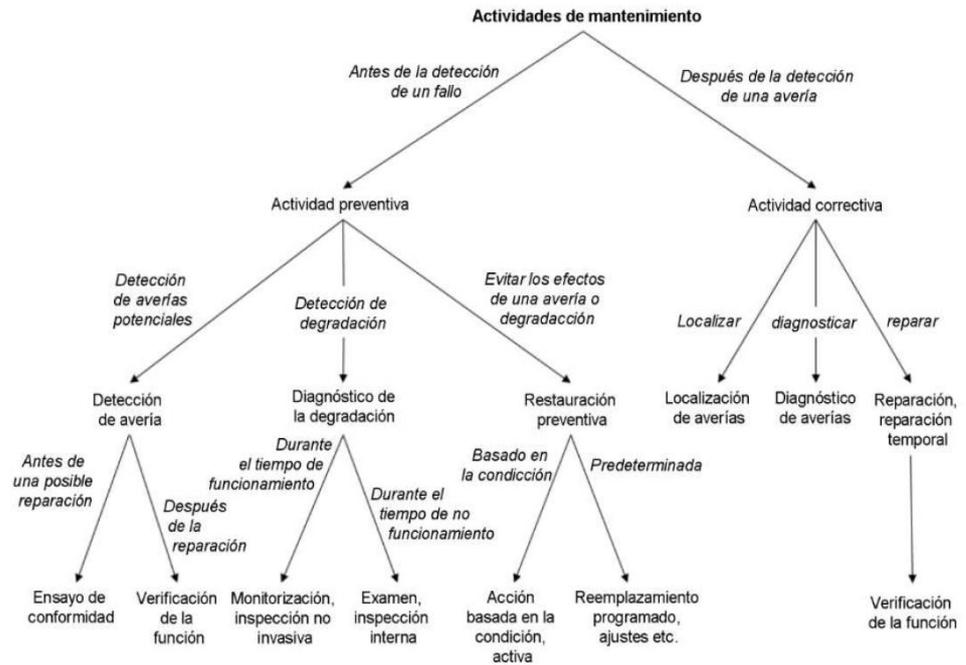
- En el área de RR.HH., se tiene que contratar y/o capacitar al personal para que tenga el conocimiento adecuado para la implementación de un nuevo tipo de mantenimiento.

- En el área de Administración y Logística, se tiene que asegurar que los repuestos e insumos sean de calidad y estén en el menor tiempo posible, o en lo posible que estén a la mano, como es el caso de los contratos de consignación.

- En el área de SSOMAC, con la ayuda de sus supervisores, se tiene que asegurar el cumplimiento de las disposiciones de las normas nacionales e internacionales en seguridad, salud ocupacional, medio ambiente y calidad; así como también el cumplimiento de los PET en todas las actividades del personal.

- En el área de Mantenimiento, se tiene que asegurar el cumplimiento de las disposiciones de la norma (UNE-EN 13306, 2018) para el mantenimiento correctivo y preventivo; en el anexo A.3 de esta norma podemos encontrar las actividades de mantenimiento a realizar, tal como lo indica el árbol de actividades de mantenimiento en la figura número 2.1.

Figura 2.1 Árbol de actividades de mantenimiento



Fuente: Norma (UNE-EN 13306, 2018).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Mantenibilidad

Según la norma (UNE-EN 13306, 2018), especifica que la mantenibilidad es la capacidad de un elemento bajo condiciones de utilización dadas, de ser preservado, o ser devuelto a un estado en el que pueda realizar una función requerida, cuando el mantenimiento se ejecuta bajo condiciones dadas y utilizando procedimientos y recursos establecidos.

Según (ACUÑA, 2022), pág. 6-48, define la mantenibilidad como la propiedad de un equipo, que representa el esfuerzo requerido para mantener la operación normal o para restituirlo una vez que se haya presentado un evento de falla, se diría que un equipo es altamente

mantenible cuando el esfuerzo asociado a la restitución sea bajo; equipos poco mantenibles o de baja mantenibilidad requieren de grandes esfuerzos para sostenerse o restituirse. La mantenibilidad de un equipo está gobernada por el diseño, principalmente por aspectos referentes a accesibilidad, facilidad de prueba y diagnóstico, requerimientos de calibración y de lubricación.

La mantenibilidad puede cuantificarse utilizando medidas o indicadores adecuados, entonces se menciona como desempeño de la mantenibilidad, denominándose entonces el MTTR.

2.3.2. Fiabilidad

Según la norma (UNE-EN 13306, 2018), especifica que la fiabilidad es la aptitud de un elemento de realizar una función requerida bajo unas condiciones determinadas durante un intervalo; la fiabilidad de un elemento se puede calcular a partir de los fallos observados del mismo elemento o de un elemento similar durante un intervalo de tiempo determinado; la fiabilidad prevista de un elemento expresa el nivel de confianza en él, estimado a partir de la fiabilidad observada en elementos comparables y en el conocimiento acerca de su estado real; en algunos casos se puede considerar un determinado número de unidades de utilización en vez de un intervalo de tiempo dado (número de ciclos, número de horas de funcionamiento, número de kilómetros, etc.); las condiciones pueden incluir acciones de mantenimiento preventivo y modos y condiciones de funcionamiento.

Según (ACUÑA, 2022), pág. 6-43, uno de los aspectos clave en la falla de un producto está relacionado con las consecuencias que dicha falla pueda tener sobre la seguridad humana o sobre la propiedad; las fallas son el resultado de una interacción de

elementos tales como fallas de equipo, mantenimiento inadecuado, problemas con instrumentos y control, y sobre todo, errores humanos; en esta tarea, las herramientas de diagnóstico de fallas son de gran ayuda, pero aun así se requiere un análisis mucho más minucioso.

La mantenibilidad puede cuantificarse utilizando medidas o indicadores apropiados, entonces se menciona como desempeño de la fiabilidad, denominándose entonces el MTBF.

2.3.3. Disponibilidad

Según la norma (UNE-EN 13306, 2018), especifica que la disponibilidad es la capacidad de un elemento de estar en un estado en el que puede cumplir una función de la manera y en el momento requeridos en las condiciones dadas, asumiendo que se proporcionan los recursos externos necesarios; los recursos externos requeridos, que no sean recursos de mantenimiento, no afectan la disponibilidad del elemento, aunque es posible que el elemento no esté disponible desde el punto de vista del usuario; esta capacidad depende de los aspectos combinados de la fiabilidad, la mantenibilidad del elemento, la compatibilidad con la sostenibilidad del mantenimiento y las acciones de mantenimiento llevadas a cabo en el elemento; la disponibilidad puede cuantificarse utilizando medidas o indicadores apropiados denominándose entonces desempeño de la disponibilidad.

Según (ACUÑA, 2022), pág. 6-47, define que la disponibilidad es la capacidad de un equipo de encontrarse en un estado que le permita desarrollar una función requerida bajo condiciones específicas durante un tiempo o intervalo de tiempo específico, si se asume que

se proveen los recursos externos requeridos; la actividad de reparar fallas y de efectuar una rutina de mantenimiento preventivo remueve el sistema de su estado de disponibilidad, lo cual ocasiona pérdida de tiempo y aumento de costos que deben ser minimizados; la disponibilidad de un equipo, se calcula como la ecuación número (2.1):

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

Donde:

- MTBF = Tiempo medio entre fallas, que se calcula como la ecuación número (2.2).

$$\text{MTBF} = \frac{T_o}{N_f} \quad (2.2)$$

- MTTR = Tiempo medio de reparación, que se calcula como la ecuación número (2.3).

$$\text{MTTR} = \frac{T_r}{N_f} \quad (2.3)$$

- Nf = Número de fallas
- To = Tiempo total de operación
- Tr = Tiempo total de reparaciones

2.4. Definición de términos básicos

Mantenimiento correctivo

Según la norma (UNE-EN 13306, 2018), se define el mantenimiento correctivo como el mantenimiento que se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en que pueda realizar una función requerida.

Mantenimiento preventivo

Según la norma (UNE-EN 13306, 2018), se define el mantenimiento preventivo como el mantenimiento llevado a cabo para evaluar y/o mitigar la degradación y reducir la probabilidad de fallo de un elemento.

Mantenimiento predictivo

Según la norma (UNE-EN 13306, 2018), se define el mantenimiento predictivo como el mantenimiento basado en la condición que se realiza siguiendo una predicción obtenida del análisis repetido o de características conocidas y de la evaluación de los parámetros significativos de la degradación del elemento.

MTTR

La abreviación en inglés “Mean Time To Repair”, es el tiempo medio de reparación; conforme (ACUÑA, 2003), pág. 20, lo define como el tiempo medio transcurrido antes de que falle un equipo reparable, por lo tanto, al fallar una pieza, esta es sustituida por otra de las mismas características y funciones, ese tiempo puede o no ser despreciable,

dependiendo de la complejidad del reemplazo, pero su comportamiento es determinístico más que probabilístico.

MTBF

La abreviación en inglés “Mean Time Between Failures”, es el tiempo medio entre fallas; conforme (ACUÑA, 2003), pág. 20, lo define como el tiempo medio transcurrido entre fallas sucesivas de un equipo reparable, sea que existe un periodo de tiempo en el cual el equipo es reparado, se busca en estos casos desarrollar metodologías que reduzcan el tiempo de reparación.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la disponibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023.

3.1.2. Hipótesis específicas

1. La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la mantenibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023.
2. La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la fiabilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023.

3.2. Operacionalización de las variables

3.2.1. Operacionalización de la variable independiente

La definición conceptual, definición operacional, dimensiones, indicadores, índices, método y técnica se encuentran en la tabla número 3.1 de operacionalización de la variable independiente.

3.2.2. Operacionalización de la variable dependiente

La definición conceptual, definición operacional, dimensiones, indicadores, índices, método y técnica se encuentran en la tabla número 3.2 de operacionalización de la variable independiente.

Tabla 3.1 Matriz de operacionalización de la variable independiente

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE	MÉTODO / TÉCNICA
VARIABLE INDEPENDIENTE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN ANÁLISIS DE ACEITES	Según la norma UNE-EN 13306: 2018 de Terminología del Mantenimiento, esta norma europea define el "Mantenimiento Predictivo"	"Gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites", tiene las dimensiones "Mantenimiento correctivo", "Mantenimiento preventivo" y "Mantenimiento predictivo", donde se puede mejorar los "Backlogs", "Programa de PM" y "Análisis de aceites" a través de los "Reportes SAP de OT" y "Reporte de análisis de aceite".	Mantenimiento correctivo.	Backlogs	Cantidad de backlogs levantados (OT de Correctivas cerradas).	Cuantitativo / Análisis documental.
	como el mantenimiento basado en la condición que se realiza siguiendo una predicción obtenida del análisis repetido o de características conocidas y de la evaluación de los parámetros significativos de la degradación del elemento.		Mantenimiento preventivo.	Programa de PM	Cumplimiento de la programación de mantenimiento preventivo (OT de Preventivas cerradas).	Cuantitativo / Análisis documental.
			Mantenimiento predictivo	Análisis de aceites	Cantidad de resultados nivel rojo o amarillo de reportes de análisis de aceites.	Cuantitativo / Análisis documental.

Tabla 3.2 Matriz de operacionalización de la variable dependiente

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES INDICADORES	ÍNDICE	MÉTODO Y TÉCNICA
VARIABLE DEPENDIENTE DISPONIBILIDAD	Según la norma UNE-EN 13306: 2018 de Terminología del Mantenimiento, esta norma europea define la "Disponibilidad" como la capacidad de un elemento de estar en un estado en el que puede cumplir una función de la manera y en el momento requeridos en las condiciones dadas, asumiendo que se proporcionan los recursos externos necesarios. Los recursos externos requeridos, que no sean recursos de mantenimiento, no afectan la disponibilidad del elemento, aunque es posible que el elemento no esté disponible desde el punto de vista del usuario. Esta capacidad depende de los aspectos combinados de la fiabilidad, la mantenibilidad del elemento, la compatibilidad con la sostenibilidad del mantenimiento y las acciones de mantenimiento llevadas a cabo en el elemento. La disponibilidad puede cuantificarse utilizando medidas o indicadores apropiados, denominándose entonces desempeño de la disponibilidad.	"Disponibilidad" tiene las dimensiones "Mantenibilidad" y "Fiabilidad", donde se puede mejorar el "MTTR" y "MTBF" a través de los "Reportes SAP de medición de tiempos de OT".	Mantenibilidad	MTTR	"Tiempo total de reparaciones" entre el "Número de fallas". Cuantitativo / Análisis documental.
			Fiabilidad	MTBF	"Tiempo total de funcionamiento" entre el "Número de fallas". Cuantitativo / Análisis documental.

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

Según (HERNANDEZ, y otros, 2010), pág. xxvii, menciona que el tipo aplicada es cuando se enfoca en resolver problemas. El presente trabajo de investigación es del tipo aplicada, debido a que se utilizó la manipulación de la variable independiente, la nueva gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites, para mejorar la variable dependiente, la disponibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea.

Según (HERNANDEZ, y otros, 2010), pág. 191, menciona que el enfoque cuantitativo cuando se plantea sobre qué o quiénes se van a recolectar los datos, lo cual corresponde a precisar la unidad de análisis. El presente trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo debido a que se midieron numéricamente los indicadores de la variable dependiente, donde se realizó la medición un semestre anterior y un semestre posterior de aplicada la nueva gestión del mantenimiento.

Según (HERNANDEZ, y otros, 2010), pág. 83, menciona que el nivel es explicativo cuando la investigación pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian; como su nombre lo indica, su interés está en explicar por qué ocurre un fenómeno, en qué condiciones se presenta, o por qué se relacionan dos o más variables. El presente trabajo de investigación tiene un nivel explicativo debido a que se explicó por qué la manipulación de la variable independiente, la nueva gestión del mantenimiento, mejoró las dimensiones de la variable dependiente, la disponibilidad de la flota de camiones volquetes.

Según (HERNANDEZ, y otros, 2010), pág. 136-137, menciona que el diseño es pre - experimental cuando presenta un diseño de un solo grupo, cuyo grado de control es mínimo, por lo que se considera que no se cuenta de un grupo control; el objetivo de la investigación es determinar si las modificaciones (o manipulación) de las variables independientes cambia el resultado de las variables dependientes. El presente trabajo de investigación tiene un diseño pre - experimental, debido a que consiste en administrar a la variable independiente y así observar la modificación de la variable dependiente.

4.2. Método de investigación

Según (BERNAL, 2006), pág. 56, menciona que una investigación tiene un método hipotético - deductivo porque consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos. El presente trabajo de investigación tiene un método hipotético - deductivo, debido a que se planteó hipótesis que parten de la hipótesis general, la disponibilidad de los equipos, y se concluye en las hipótesis específicas, la mantenibilidad y la fiabilidad de los mismos; con respecto a la variable independiente se parte de lo general, el mantenimiento de los equipos, y se concluye en lo particular, la nueva gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites.

Según (HERNANDEZ, y otros, 2010), pág. 158-167, menciona que una investigación es de corte longitudinal debido a que recopilamos datos en diferentes momentos de tiempo, para realizar inferencias acerca de la evolución, sus causas y efectos. El presente trabajo tiene un estudio de corte longitudinal, debido a que se realizó mediciones de los indicadores de las dimensiones de la variable dependiente, en diferentes puntos del

tiempo; se tomó los datos por el periodo de un semestre anterior y un semestre posterior de aplicada la nueva gestión del mantenimiento.

4.3. Población y muestra

Según (HERNANDEZ, y otros, 2010), pág. 174, la población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones; las poblaciones deben situarse claramente en torno a sus características de contenido, de lugar y en el tiempo. Para la presente investigación, la población fue la flota de 15 camiones volquetes de 17 m³.

Según (HERNANDEZ, y otros, 2010), pág. 175, la muestra es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población; es en esencia, un subgrupo de la población, en la que todos los miembros de esta se seleccionan con la misma probabilidad. Para la presente investigación, la muestra fueron los mismos equipos que la población indicada en el párrafo anterior.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

El lugar de estudio es en una unidad minera subterránea, ubicada en el departamento de Ayacucho, Perú.

El periodo desarrollado se llevó a cabo durante los años 2022 - 2023, con el diagnóstico del mantenimiento en el semestre jun'22 - nov'22, y con la implementación de una nueva gestión del mantenimiento aplicado durante el semestre dic'22 - may'23.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

La técnica empleada es el análisis documental; y los instrumentos utilizados son los registros de datos en el programa SAP de la empresa, que se lista como sigue:

- Reporte SAP de OT de correctivas.

- Reporte SAP de OT de preventivas (cumplimiento del programa de PM).

- Reportes de análisis de aceites.

- Reportes SAP de medición de tiempos de OT para el cálculo de indicadores como el MTTR, el MTBF y la disponibilidad de la flota de equipos.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

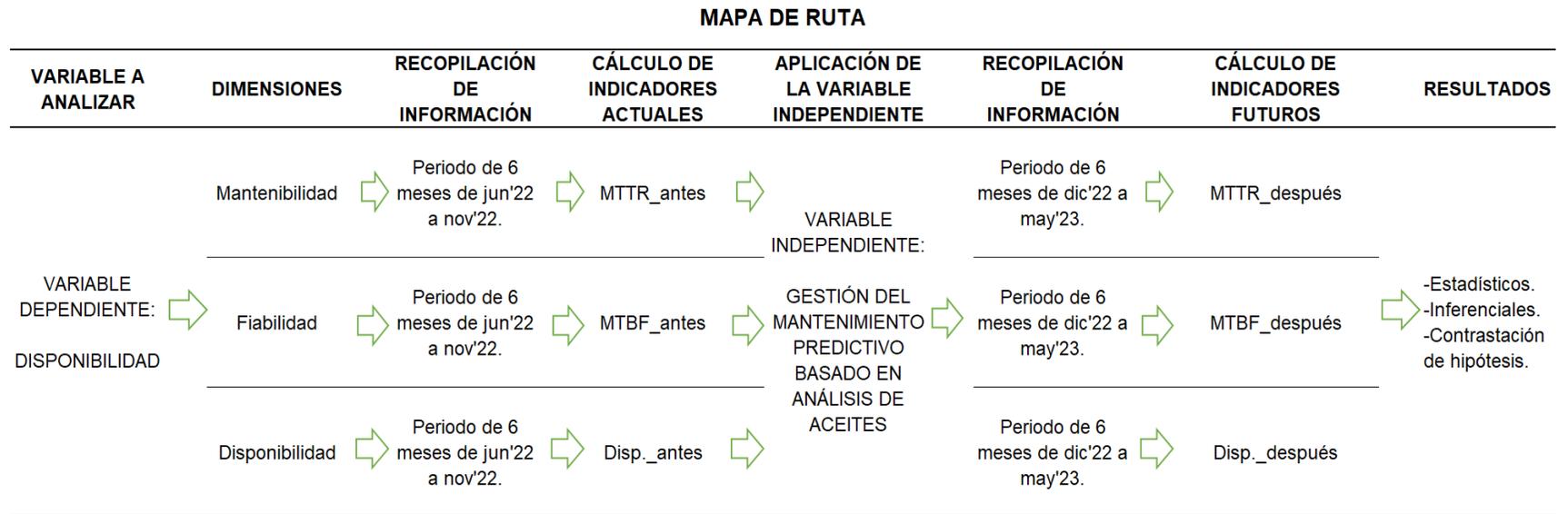
El enfoque de la investigación es cuantitativo, donde el análisis de la nueva gestión del mantenimiento propuesto se enfocará en los cálculos numéricos de los indicadores como el MTTR, el MTBF y la disponibilidad, como se puede apreciar en el mapa de ruta de la figura número 4.1; y para el procesamiento de los datos se utilizará los siguientes programas:

- Se utilizará el programa SAP, en su versión “10.00.190 Business One for HANA”, para la recolección de los datos de los equipos durante los periodos 2022 - 2023.

- Se utilizará el programa Excel en su versión “23.04 de Microsoft 365 Office Hogar y Empresas 2019”, para el cálculo numérico.

- Se utilizará el programa SPSS en su versión “25 de IBM Statistics 2017”, para el tratamiento estadístico de los resultados obtenidos con el nuevo plan de mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites, para validar que la propuesta planteada.

Figura 4.1 Mapa de ruta



La gestión del mantenimiento está integrada al SIG (Sistema Integrado de Gestión) de la empresa, como se puede apreciar en la estructura del organigrama de la figura número 4.3. La nueva gestión del mantenimiento tuvo que involucrar a las principales áreas de la empresa dentro del SIG, como sigue:

- El área de RR.HH. contrató un personal técnico como servicio con el representante del fabricante, que incluyó su relevo, e incluía su herramienta moderna de diagnóstico actualizada para los nuevos modelos de camiones volquetes que tiene la empresa.
- En el área de Administración y Logística, se realizó un contrato de consignación de repuestos e insumos originales puestos en el almacén de la mina; en la negociación de estos contratos se logró que los análisis de aceites fueran realizados por el laboratorio del fabricante a costo cero.
- En el área de SSOMAC, con la ayuda de sus supervisores, se aseguró que el personal cumpla con las disposiciones de las normas internacionales en seguridad, salud ocupacional, medio ambiente y calidad; así como también el cumplimiento de los PET en todas las actividades del personal.
- En el área de Mantenimiento, se instruyó al personal de mantenimiento seguir las actividades de la nueva gestión del mantenimiento, como se puede apreciar en la figura número 4.4; y tomar las muestras de aceite, como se aprecia en la figura número 4.5, para lo cual se instruyó al personal seguir las recomendaciones

para una correcta toma de muestras de aceites, proporcionado por el fabricante como se aprecia en la figura número 4.2.

Figura 4.2 Recomendaciones para la correcta toma de muestra de aceites

INSTRUCCIONES PARA LA CORRECTA TOMA DE MUESTRAS

+ CONDICIONES GENERALES:

- No se debe tomar la muestra después de aumentar aceite o cambiar el filtro. Lo ideal es tomar la muestra en una zona ubicada antes del filtro y después de las bombas, cilindros, cojinetes o engranajes; el aceite siempre debería estar a su temperatura normal y circulando para tener todos los contaminantes mezclados en la muestra.
- Los frascos tienen que estar bien limpios, destapándolos al momento de tomar la muestra y cerrando los mismos inmediatamente después.

+ TOMA DE MUESTRA CON BOMBA DE SUCCIÓN:

- Limpiar el área alrededor del tapón para evitar contaminación externa.
- Debemos asegurarnos que los tubos utilizados con las bombas son nuevos y limpios.
- Evitar raspar el lado del tanque o tubo de ingreso al insertar el tubo de la bomba de vacío. Medir y cortar el nuevo tubo del mismo largo de la varilla de medición; este debería llegar al centro del reservorio.
- Insertar el tubo por el cabezal de la bomba de vacío y apretar la tuerca de retención; el tubo debería pasar por el cabezal y terminar unos 3 mm más.
- Enroscar una botella nueva a la bomba y pasar el tubo al aceite, sin permitir que choque con el fondo.
- Activar la manga de la bomba para crear un vacío, manteniéndola en posición horizontal para evitar que el aceite contamine la bomba; si el aceite llega a contaminar la bomba, hay que desarmarla y limpiarla antes de tomar la próxima muestra.
- Llenar la botella en un 80%.
- Sacar el tubo del compartimiento y de la bomba para desecharlo.
- Enroscar la tapa de la botella hasta asegurar la integridad del sello.
- Rellenar la etiqueta de la botella con los datos del equipo.
- La muestra debe ser enviada al laboratorio lo antes posible.

Fuente: Manual de instrucciones del fabricante.

Figura 4.3 Organigrama de la nueva gestión del mantenimiento

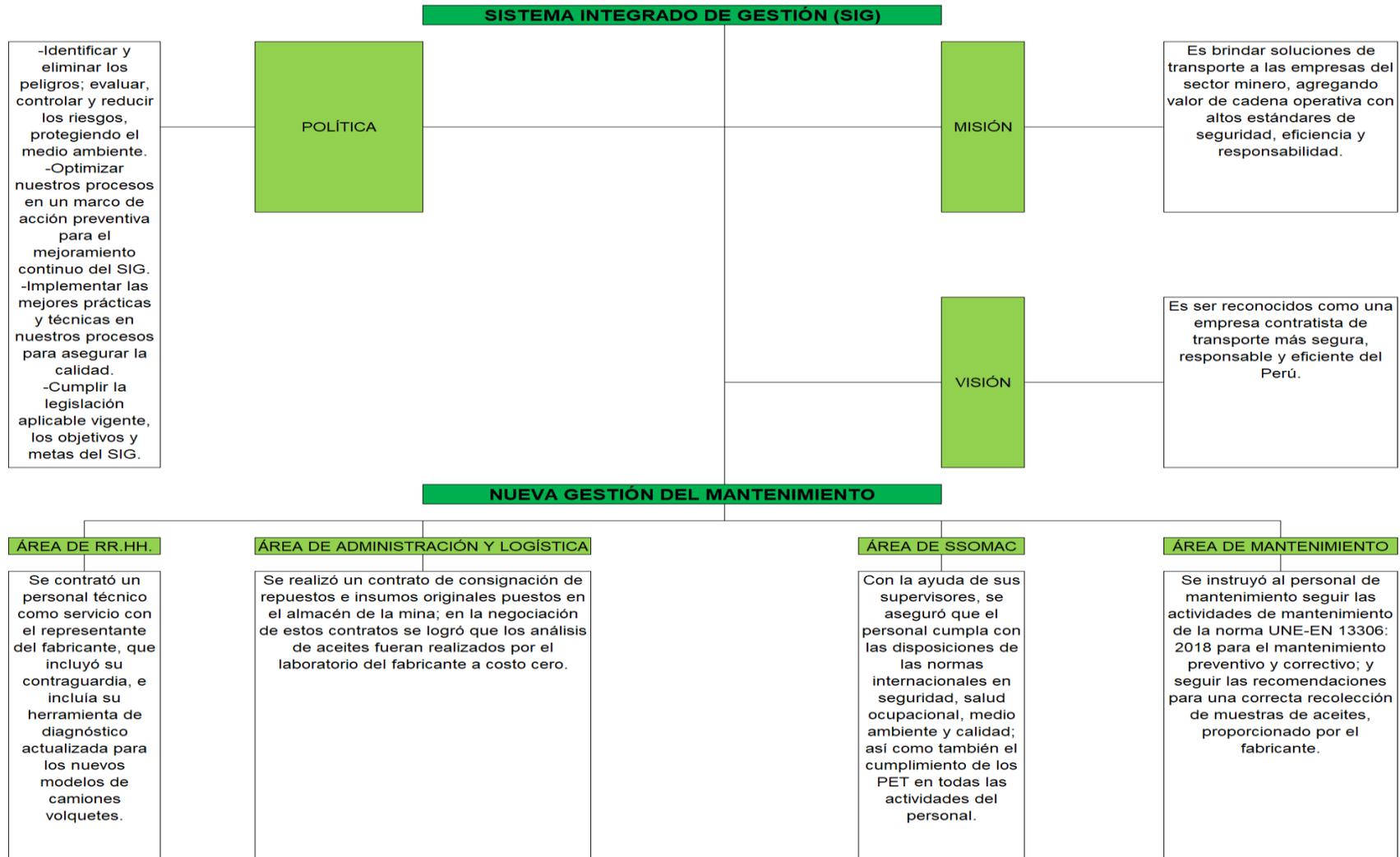
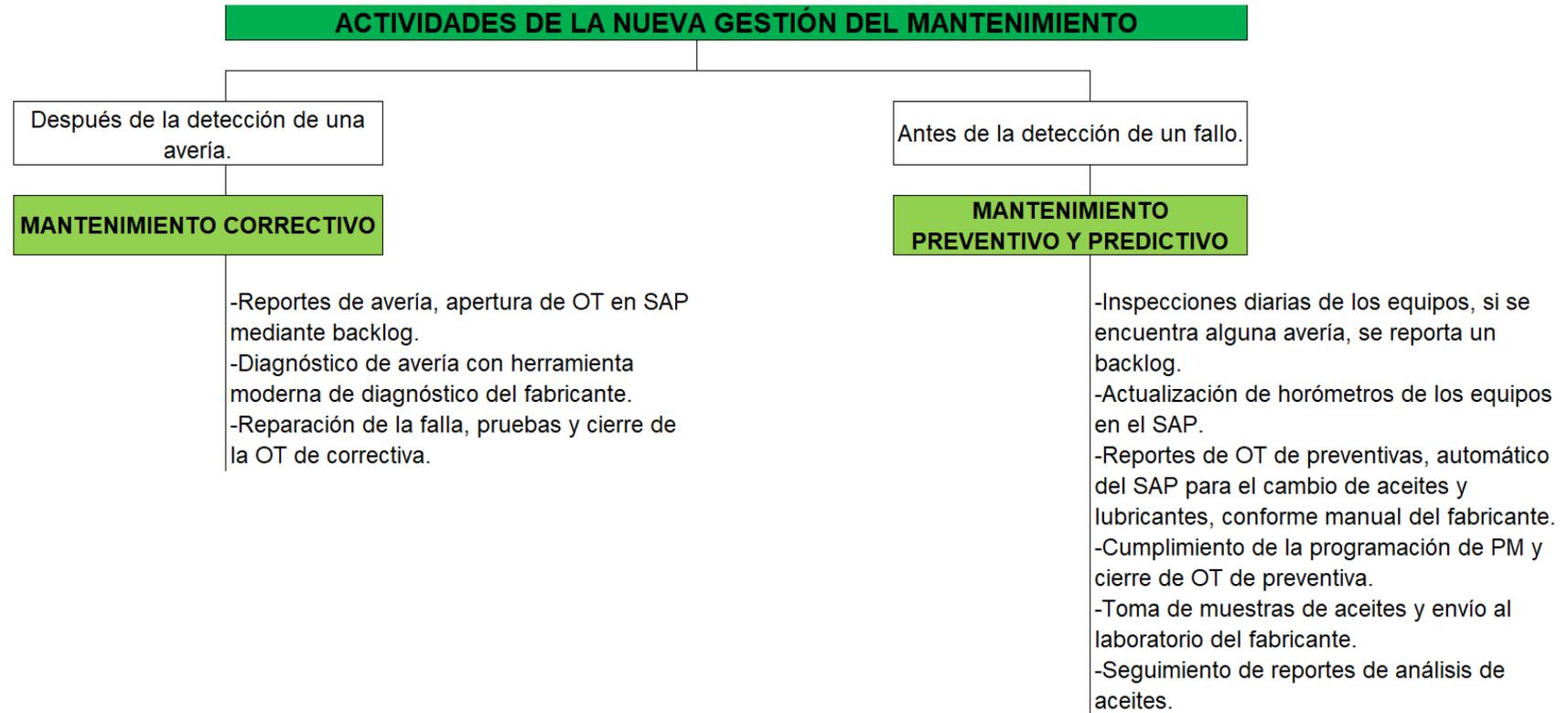


Figura 4.4 Árbol de actividades de la nueva gestión del mantenimiento



Fuente: Anexo A.3 de la norma (UNE-EN 13306, 2018), modificado de acuerdo a la estructura y condiciones de la empresa.

Figura 4.5 Imagen de una toma de muestra de aceite con bomba de succión



Fuente: Imagen extraída del tutorial (ALS, 2018).

Se puede apreciar en la figura número 10.2 del anexo número 3, que los datos son generados del módulo de KPI del SAP de la empresa; se puede apreciar en la figura número 10.2 del anexo número 3, las horas trabajadas de los equipos y la medición de tiempos de OT del semestre anterior, correspondiente al periodo jun'22 - nov'22; y se puede apreciar en las figuras número 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, 10.7 y 10.8 del anexo número 3, las horas trabajadas de los equipos y la medición de tiempos de OT del semestre posterior, correspondiente a los meses de dic'22, ene'23, feb'23, mar'23, abr'23 y may'23.

En la comparación de los promedios antes y después de la nueva gestión del mantenimiento, se puede apreciar en la figura número 4.6 que el mantenimiento correctivo, a través de la cantidad de backlogs cerrados tuvo una mejora de 342 intervenciones menos, lo que corresponde a un 43.7% menos; se puede apreciar en la figura número 4.7 que el mantenimiento preventivo, a través del cumplimiento de la programación de PM se mantuvo con una diferencia de 3 intervenciones más, principalmente debido a que los equipos trabajaron más horas, se puede apreciar en la figura número 4.8 que en promedio trabajaron 39.66 horas más por equipo, lo que corresponde a un 12.4% más.

Figura 4.6 Comparación de la cantidad de backlogs cerrados antes y después de la nueva gestión del mantenimiento

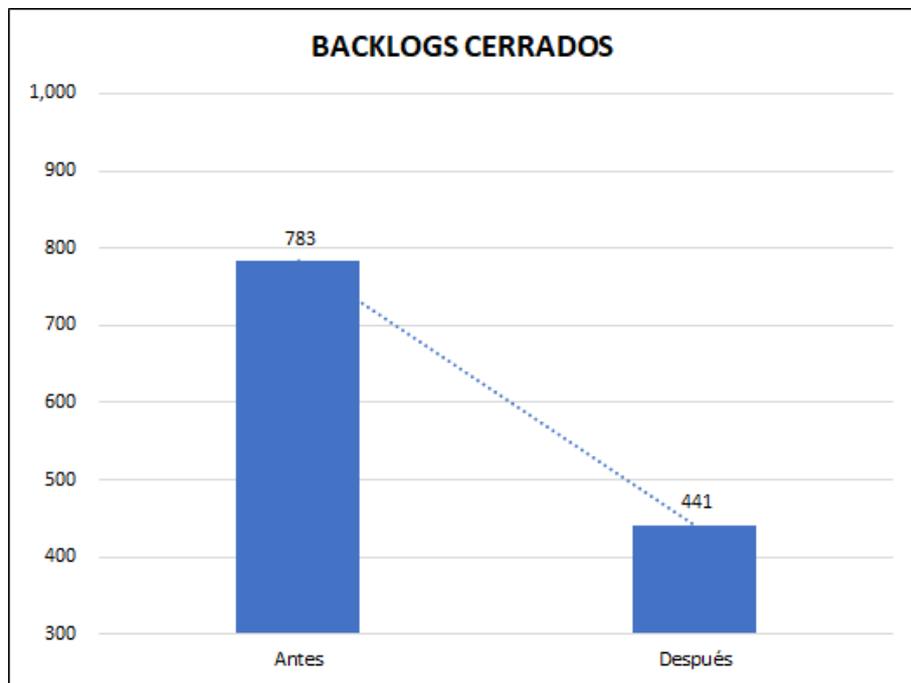


Figura 4.7 Comparación de la cantidad de PM programados cumplidos cerrados antes y después de la nueva gestión del mantenimiento

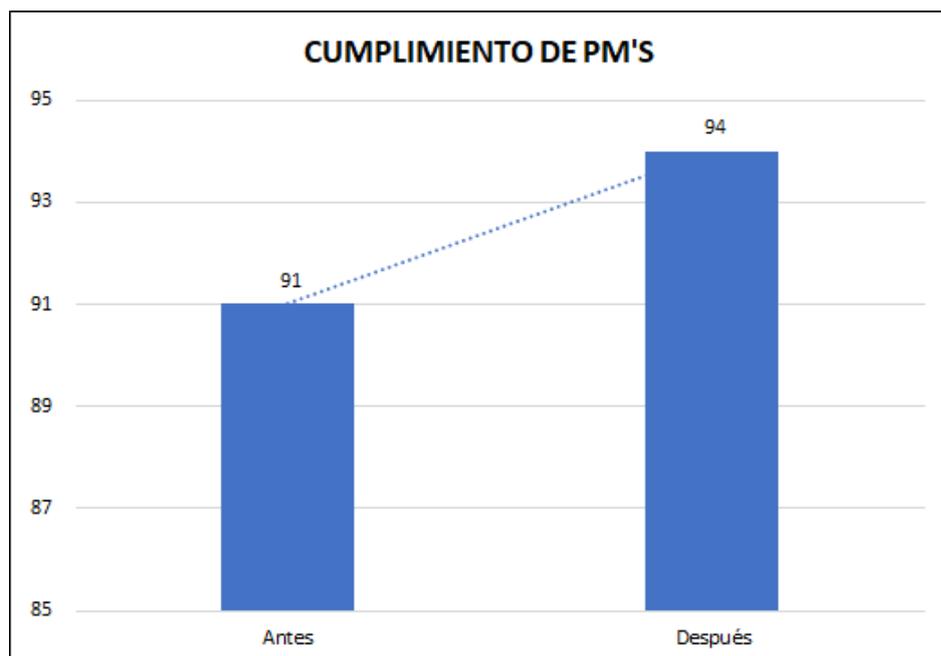
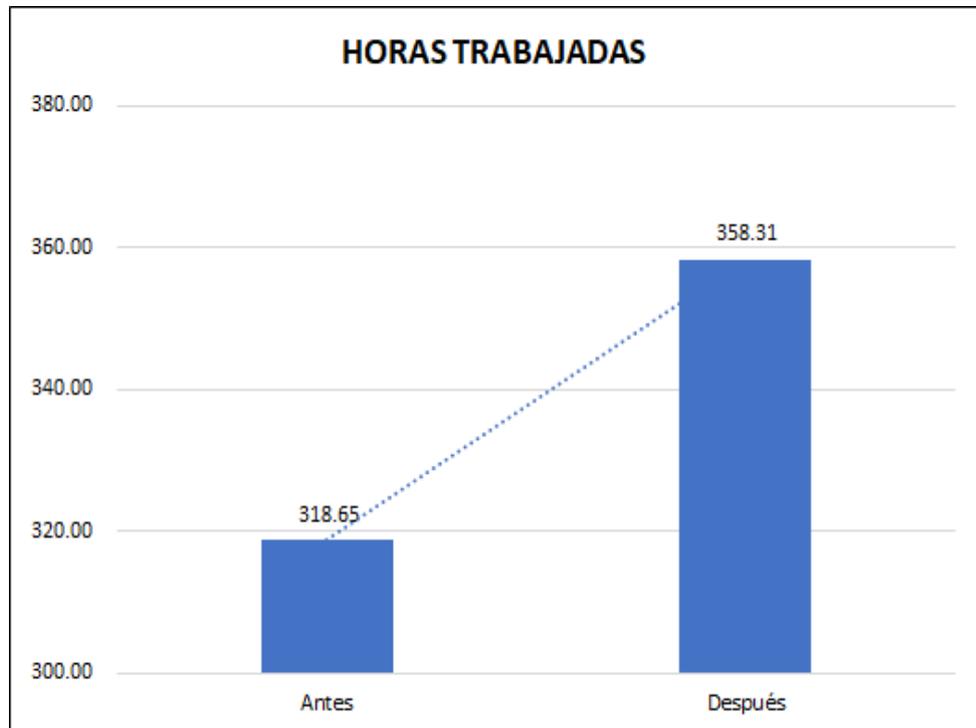


Figura 4.8 Comparación del promedio de horas trabajadas por equipo antes y después de la nueva gestión del mantenimiento



4.7. Aspectos éticos en investigación

Se declara que toda la información contenida en el presente informe de investigación es veraz y auténtica, se cuenta con la autorización firmada de uso de datos de la empresa.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

Se tomaron los datos de referencia por el periodo de un semestre anterior y un semestre posterior de aplicada la nueva gestión del mantenimiento; se puede apreciar en la figura número 10.2 del anexo número 3, que los datos son generados del módulo de KPI del SAP de la empresa; se puede apreciar en la figura número 10.2 del anexo número 3, la medición de KPI del semestre anterior, correspondiente al periodo jun'22 - nov'22; y se puede apreciar en las figuras número 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, 10.7 y 10.8 del anexo número 3, la medición de KPI del semestre posterior, correspondiente a los meses de dic'22, ene'23, feb'23, mar'23, abr'23 y may'23.

Se puede apreciar en las figuras número 5.1, 5.2 y 5.3 que, la evolución de la disponibilidad sigue una pendiente positiva; la evolución de la mantenibilidad, a través del MTTR sigue una pendiente negativa; y la evolución de la fiabilidad, a través del MTBF sigue una pendiente positiva.

Figura 5.1 Evolución de la disponibilidad

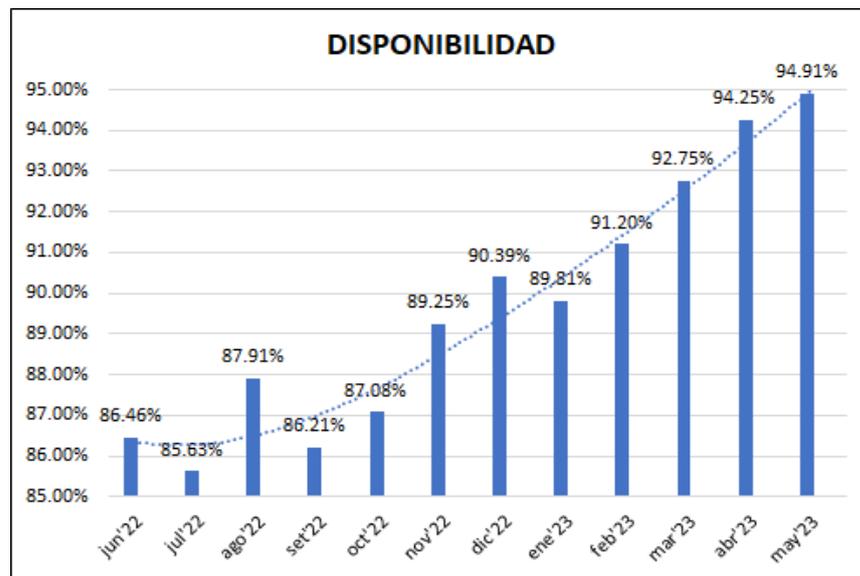


Figura 5.2 Evolución de la mantenibilidad, a través del MTTR

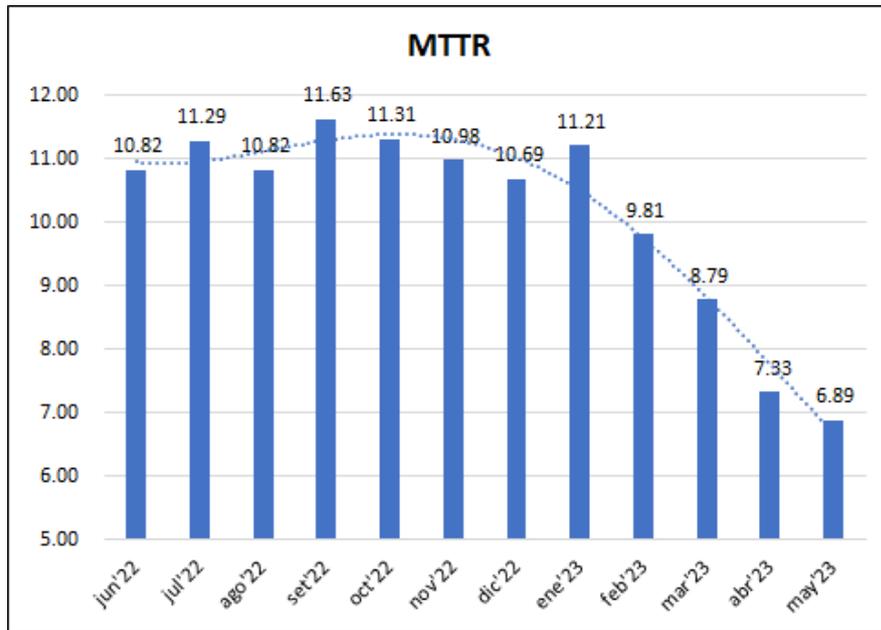
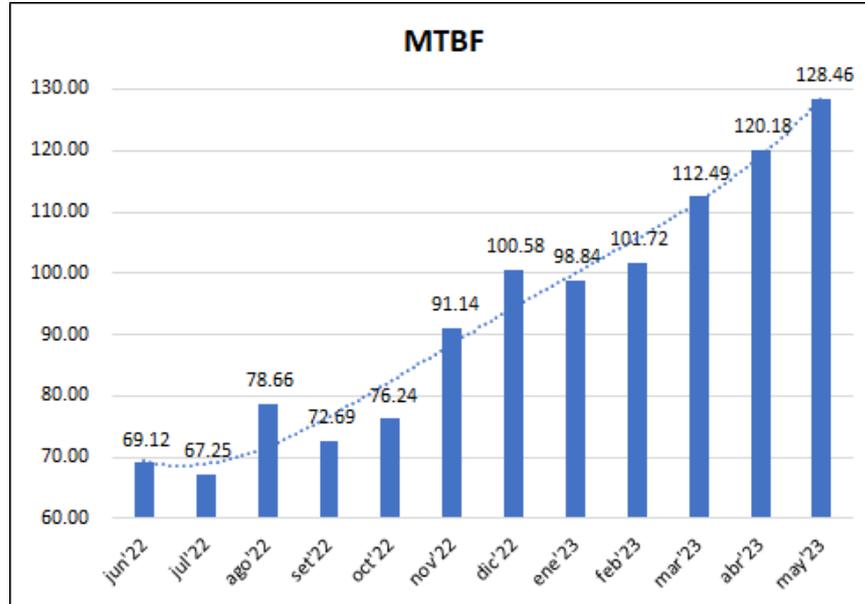


Figura 5.3 Evolución de la fiabilidad, a través del MTBF



Se ingresaron los datos en el programa SPSS para poder realizar el análisis estadístico, como se aprecia en la figura número 5.4.

Figura 5.4 Ingreso de datos en el SPSS

The screenshot shows the SPSS Statistics Editor interface. The main window displays a data entry grid with the following columns: MTBF_a, MTBF_d, MTTR_a, MTTR_d, Disp_a, and Disp_d. The data rows are as follows:

	MTBF_a	MTBF_d	MTTR_a	MTTR_d	Disp_a	Disp_d
1	69,12	100,58	10,82	10,69	,86	,90
2	67,25	98,84	11,29	11,21	,86	,90
3	78,66	101,72	10,82	9,81	,88	,91
4	72,69	112,49	11,63	8,79	,86	,93
5	76,24	120,18	11,31	7,33	,87	,94
6	91,14	128,46	10,98	6,89	,89	,95

Fuente: Elaboración en SPSS.

Se puede apreciar en las tablas número 5.1, 5.2 y 5.3 que antes de la nueva gestión del mantenimiento, la media de disponibilidad fue de 87.09%, la media de mantenibilidad fue un MTTR de 11.1417 horas, y la media de fiabilidad fue un MTBF de 75.85 horas; y con la implementación de una nueva gestión del mantenimiento, la media de disponibilidad fue de 92.22%, la media de la mantenibilidad se obtuvo un MTTR de 9.12 horas, y la media de la fiabilidad fue un MTBF de 110.3783 horas, como se aprecia en las tablas número 5.1, 5.2 y 5.3.

Tabla 5.1 Datos descriptivos de la disponibilidad antes y después de la nueva gestión del mantenimiento

		Disponibilidad antes	Disponibilidad despues
N	Válido	6	6
	Perdidos	0	0
Media		,8709	,9222
Mediana		,8677	,9198
Moda		,86 ^a	,90 ^a
Desv. Desviación		,01315	,02088
Mínimo		,86	,90
Máximo		,89	,95

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: Elaboración en SPSS.

Tabla 5.2 Datos descriptivos de la mantenibilidad, a través del MTTR antes y después de la nueva gestión del mantenimiento

		MTTR antes	MTTR despues
N	Válido	6	6
	Perdidos	0	0
Media		11,1417	9,1200
Mediana		11,1350	9,3000
Moda		10,82	6,89 ^a
Desv. Desviación		,32307	1,76607
Mínimo		10,82	6,89
Máximo		11,63	11,21

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: Elaboración en SPSS.

Tabla 5.3 Datos descriptivos de la fiabilidad, a través del MTBF antes y después de la nueva gestión del mantenimiento

		MTBF antes	MTBF despues
N	Válido	6	6
	Perdidos	0	0
Media		75,8500	110,3783
Mediana		74,4650	107,1050
Moda		67,25 ^a	98,84 ^a
Desv. Desviación		8,61476	12,09616
Mínimo		67,25	98,84
Máximo		91,14	128,46

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: Elaboración en SPSS.

En la comparación de los promedios antes y después de la nueva gestión del mantenimiento, se puede apreciar en las figuras número 5.5, 5.6 y 5.7 que la disponibilidad tuvo una mejora de 5.1%; la mantenibilidad, a través del MTTR tuvo una mejora de 2.02 horas, lo que corresponde a un 18.1%; y la fiabilidad, a través del MTBF tuvo una mejora de 34.53 horas, lo que corresponde a un 45.5%.

Figura 5.5 Comparación de la disponibilidad media antes y después de la nueva gestión del mantenimiento

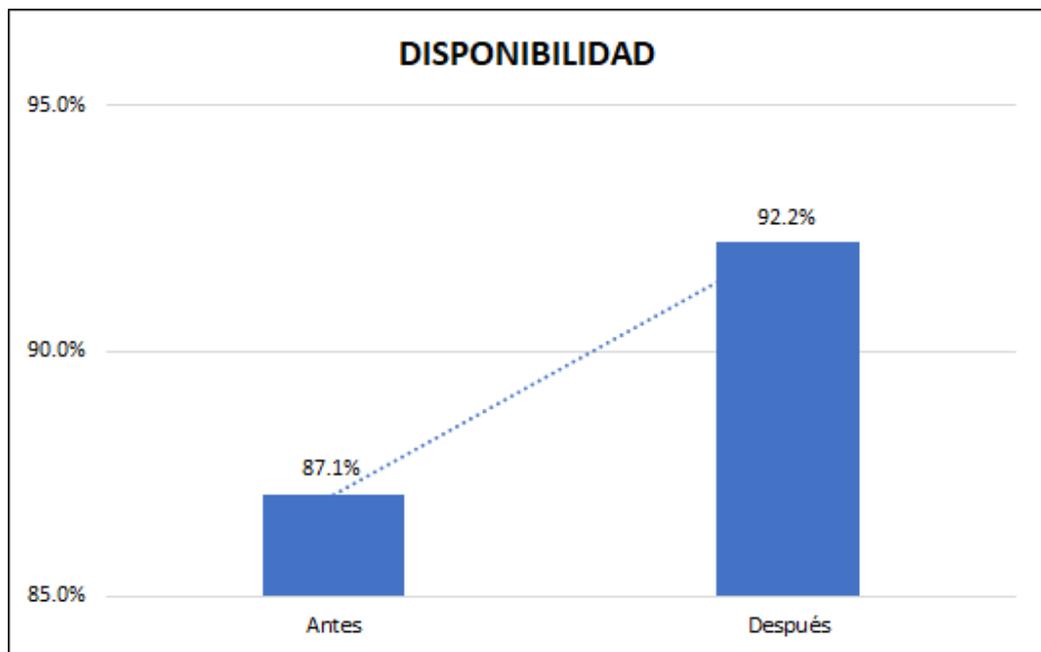


Figura 5.6 Comparación de la mantenibilidad media, a través del MTTR antes y después de la nueva gestión del mantenimiento

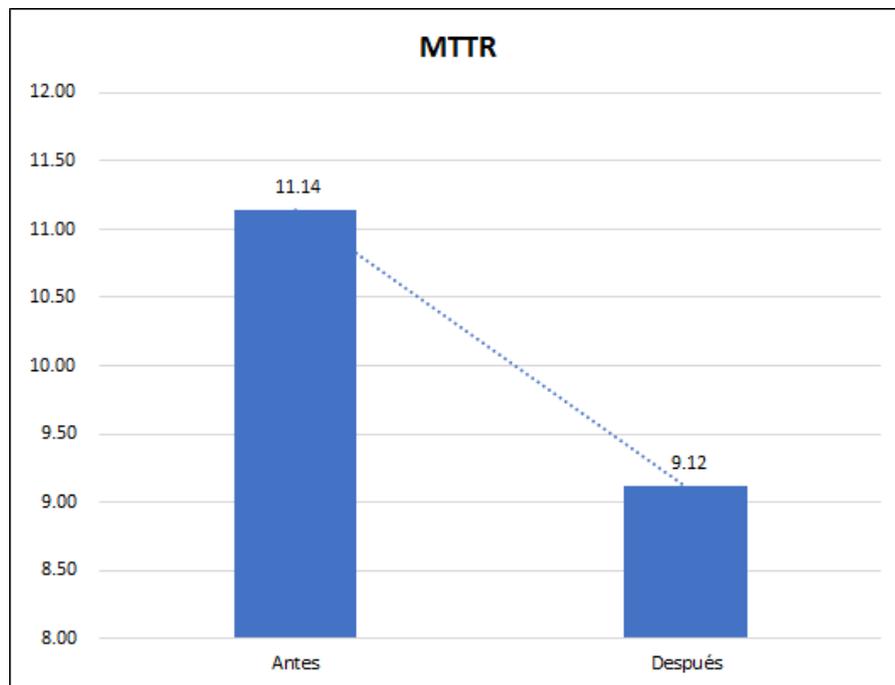
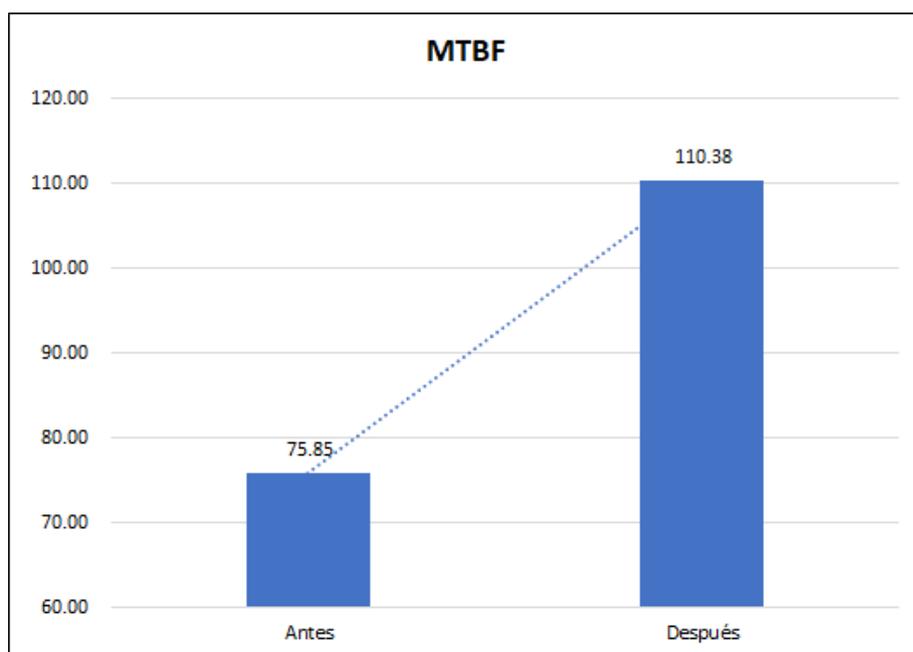


Figura 5.7 Comparación de la fiabilidad media, a través del MTBF antes y después de la nueva gestión del mantenimiento



5.2. Resultados inferenciales

5.2.1. Resultado inferencial de la hipótesis general

Prueba de Normalidad de la Hipótesis General: Para esta prueba se plantearon las siguientes hipótesis a contrastar:

- H_0 : Los datos analizados de disponibilidad siguen una distribución normal.
- H_1 : Los datos analizados de disponibilidad no siguen una distribución normal.

Se realizó la prueba de normalidad a los datos de disponibilidad antes y después de aplicada la nueva gestión del mantenimiento, como la muestra es menor a 30, entonces se usó Shapiro-Wilk, en la tabla número 5.4 se verifica que las significancias son 71.9% y 55.8%, ambos mayores a 5%; por lo tanto, rechazamos la hipótesis alterna y aceptamos la hipótesis nula, en donde los datos analizados siguen una distribución normal, es decir son paramétricos.

Tabla 5.4 Prueba de normalidad de los datos de disponibilidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad antes	,183	6	,200*	,947	6	,719
Disponibilidad despues	,187	6	,200*	,927	6	,558

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración en SPSS.

Prueba T de Student de la Hipótesis General: Para esta prueba se plantearon las siguientes hipótesis a contrastar:

- H_0 : La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites no mejora la disponibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023.
- H_1 : La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la disponibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023.

Como los datos siguen una distribución normal, aplicamos la prueba paramétrica T de Student para muestras emparejadas, a los datos de disponibilidad antes y después de aplicada la nueva gestión del mantenimiento, en la tabla número 5.5 se verifica que la significancia de la prueba es de 0% donde es menor a 5%; por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna.

Tabla 5.5 Prueba T de Student de los datos de disponibilidad antes y después de la nueva gestión del mantenimiento

		Prueba de muestras emparejadas			
		Diferencias emparejadas			95% de intervalo de ...
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior
Par 1	Disponibilidad despues - Disponibilidad antes	,05132	,01558	,00636	,03496

		Prueba de muestras emparejadas			
		Diferencias ...			
		95% de intervalo de confianza de ...	t	gl	Sig. (bilateral)
		Superior			
Par 1	Disponibilidad despues - Disponibilidad antes	,06767	8,067	5	,000

Fuente: Elaboración en SPSS.

5.2.2. Resultados inferenciales de las hipótesis específicas

Prueba de Normalidad de la Hipótesis Específica 1: Para la prueba de normalidad de la primera hipótesis específica se plantearon las siguientes hipótesis a contrastar para la primera hipótesis específica:

- H_0 : Los datos analizados del MTTR siguen una distribución normal.
- H_1 : Los datos analizados del MTTR no siguen una distribución normal.

Se realizó la prueba de normalidad a los datos de mantenibilidad, medibles a través del MTTR antes y después de aplicada la nueva gestión del mantenimiento, como la muestra es menor a 30, entonces se usó Shapiro-Wilk, en la tabla número 5.6 se verifica que las significancias son 38% y 59%, ambos mayores a 5%; por lo tanto, rechazamos la hipótesis alterna y aceptamos la hipótesis nula, en donde los datos analizados siguen una distribución normal, es decir son paramétricos.

Tabla 5.6 Prueba de normalidad de los datos de mantenibilidad, a través del MTTR

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MTTR antes	,192	6	,200*	,901	6	,380
MTTR despues	,178	6	,200*	,931	6	,590

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración en SPSS.

Prueba T de Student de la Hipótesis Específica 1: Para la primera hipótesis específica, se plantearon las siguientes hipótesis a contrastar:

- H₀: La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites no mejora la mantenibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023.
- H₁: La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la mantenibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023.

Como los datos siguen una distribución normal, aplicamos la prueba paramétrica T de Student de muestras emparejadas, a los datos de mantenibilidad, a través de la medición del MTTR antes y después de aplicada la nueva gestión del mantenimiento, en la tabla número 5.7 se verifica que la significancia de la prueba es de 4.4% donde es menor a 5%; por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, con lo cual nuestro resultado es el siguiente:

Tabla 5.7 Prueba T de Student de los datos de mantenibilidad, a través del MTTR antes y después de la nueva gestión del mantenimiento

		Prueba de muestras emparejadas			
		Diferencias emparejadas			
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de ... Inferior
Par 1	MTTR antes - MTTR despues	2,02167	1,85228	,75619	,07782

		Prueba de muestras emparejadas			
		Diferencias ... 95% de intervalo de confianza de ...			
		Superior	t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	MTTR antes - MTTR despues	3,96551	2,673	5	,044

Fuente: Elaboración en SPSS.

Prueba de Normalidad de la Hipótesis Específica 2: Para la prueba de normalidad de la segunda hipótesis específica se plantearon las siguientes hipótesis a contrastar para la segunda hipótesis específica:

- H_0 : Los datos analizados del MTBF siguen una distribución normal.
- H_1 : Los datos analizados del MTBF no siguen una distribución normal.

Se realizó la prueba de normalidad a los datos de mantenibilidad, medibles a través del MTBF antes y después de aplicada la nueva gestión del mantenimiento, como la muestra es menor a 30, entonces se usó Shapiro-Wilk, en la tabla número 5.8 se verifica que las significancias son 42.1% y 31.1%, ambos mayores a 5%; por lo tanto, rechazamos la hipótesis alterna y aceptamos la hipótesis nula, en donde los datos analizados siguen una distribución normal, es decir son paramétricos.

Tabla 5.8 Prueba de normalidad de los datos de fiabilidad, a través del MTBF

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MTBF antes	,205	6	,200*	,908	6	,421
MTBF despues	,263	6	,200*	,889	6	,311

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración en SPSS.

Prueba T de Student de la Hipótesis Específica 2: Para la segunda hipótesis específica, se plantearon las siguientes hipótesis a contrastar:

- H₀: La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites no mejora la fiabilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023.
- H₁: La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la fiabilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023.

Como los datos siguen una distribución normal, aplicamos la prueba paramétrica T de Student de muestras emparejadas a los datos de fiabilidad, a través de la medición del MTBF antes y después de aplicada la nueva gestión del mantenimiento, en la tabla número 5.9 se verifica que la significancia de la prueba es de 0% donde es menor a 5%; por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, con lo cual nuestro resultado es el siguiente:

Tabla 5.9 Prueba T de Student de los datos de fiabilidad, a través del MTBF antes y después de la nueva gestión del mantenimiento

Prueba de muestras emparejadas					
		Diferencias emparejadas			95% de intervalo de ...
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior
Par 1	MTBF despues - MTBF antes	34,52833	7,39911	3,02068	26,76344

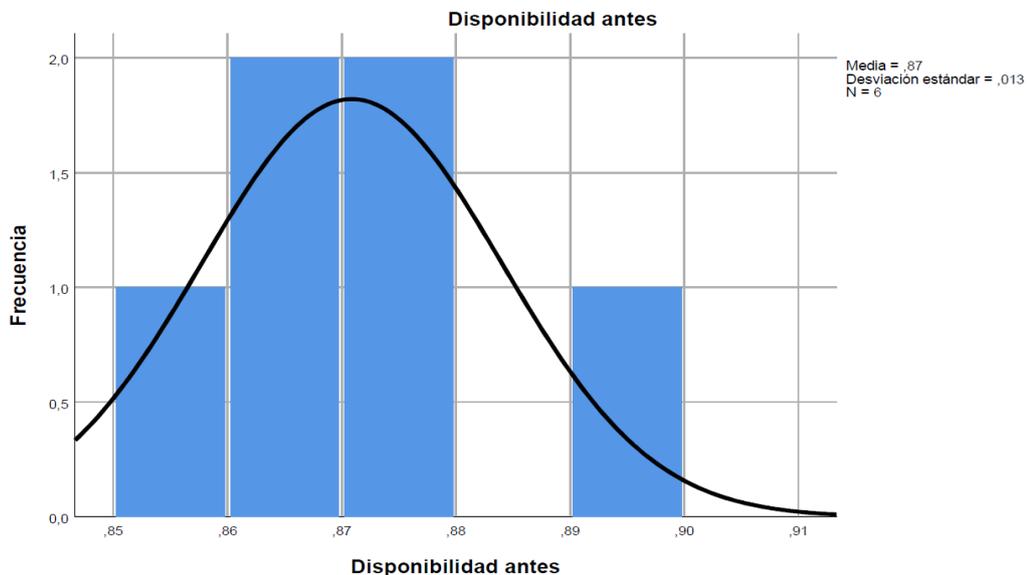
Prueba de muestras emparejadas					
		Diferencias ...			
		95% de intervalo de confianza de ...			
		Superior	t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	MTBF despues - MTBF antes	42,29323	11,431	5	,000

Fuente: Elaboración en SPSS.

5.3. Otro tipo de resultados estadísticos

Para mostrar gráficamente la distribución normal de los datos de la disponibilidad, el MTTR y el MTBF; se muestran las gráficas de histograma antes de la aplicación de la nueva gestión del mantenimiento, donde se pueden apreciar en las figuras número 5.8, 5.10 y 5.12 generadas del SPSS, en la figura número 5.8 se puede apreciar que la distribución principal de los datos de disponibilidad se encuentra en el rango de 86% a 88%, en la figura número 5.10 se puede apreciar que la distribución principal de los datos de MTTR se encuentra en el rango de disponibilidad de 10.8 a 11 horas, en la figura número 5.12 se puede apreciar que la distribución principal de los datos de MTBF se encuentra en el rango de disponibilidad de 65 a 80 horas.

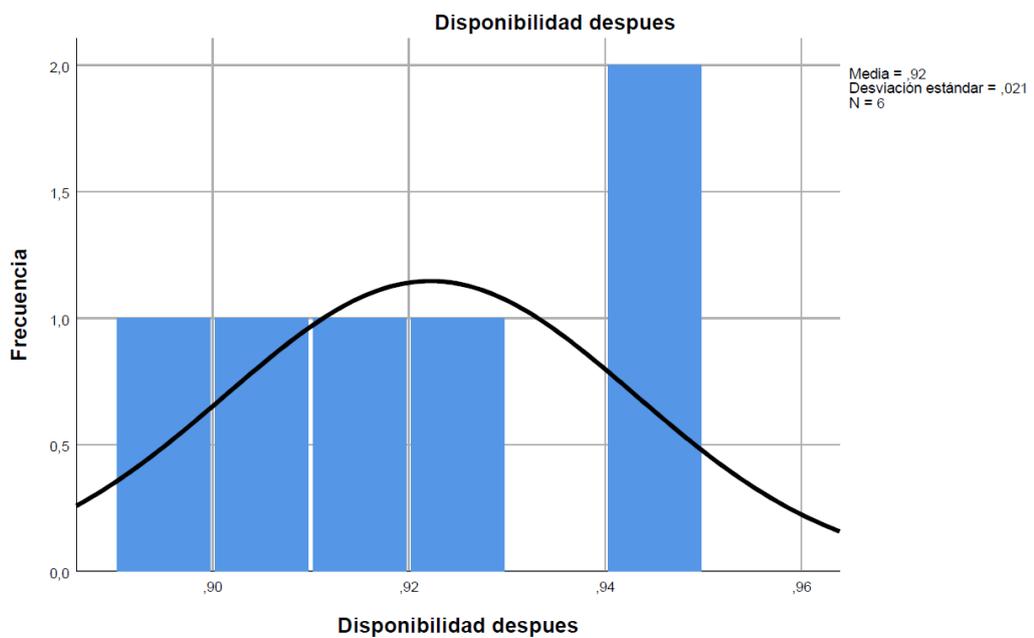
Figura 5.8 Histograma de la disponibilidad antes de la nueva gestión del mantenimiento



Fuente: Elaboración en SPSS.

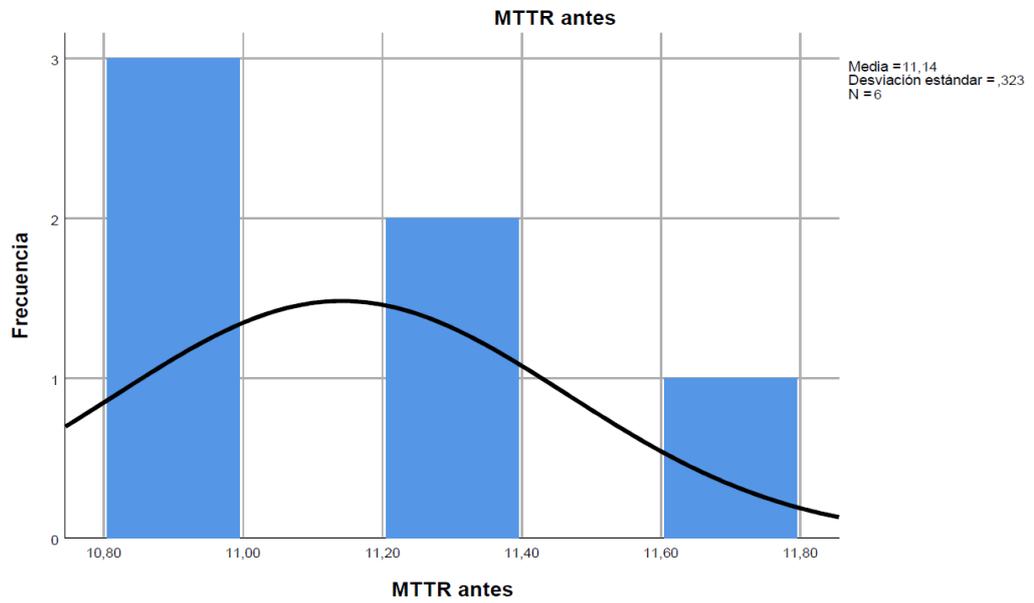
Las gráficas de histograma después de la aplicación de la nueva gestión del mantenimiento, donde se pueden apreciar en las figuras número 5.9, 5.11 y 5.13, en la figura número 5.9 se puede apreciar que la distribución principal de los datos de disponibilidad se encuentra en el rango de 89% a 93%, en la figura número 5.11 se puede apreciar que la distribución principal de los datos de MTTR se encuentra en el rango de 6 a 12 horas, en la figura número 5.13 se puede apreciar que la distribución principal de los datos de MTBF se encuentra en el rango de 100 a 130 horas.

Figura 5.9 Histograma de la disponibilidad después de la nueva gestión del mantenimiento



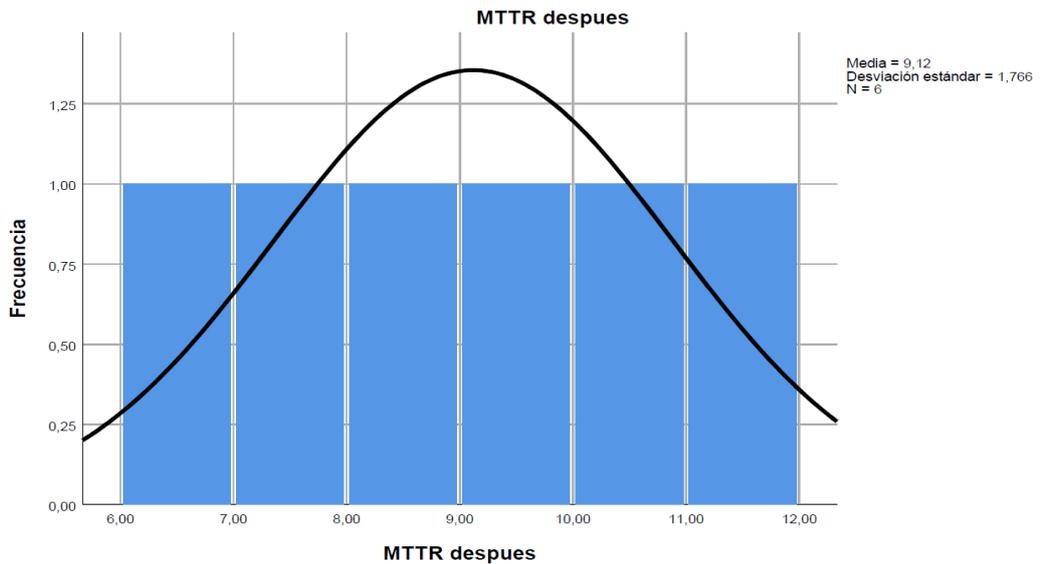
Fuente: Elaboración en SPSS.

Figura 5.10 Histograma de la mantenibilidad, a través del MTTR antes de la nueva gestión del mantenimiento



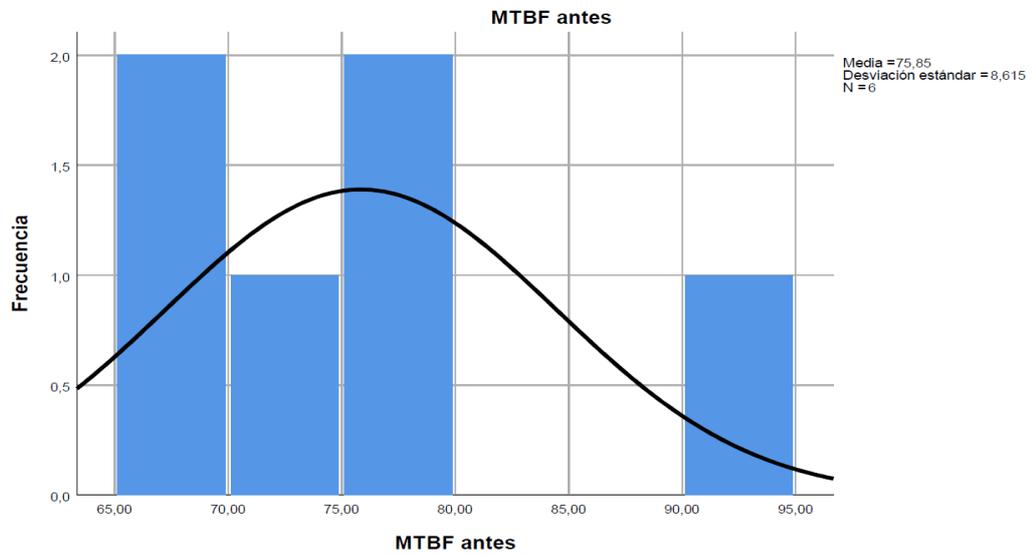
Fuente: Elaboración en SPSS.

Figura 5.11 Histograma de la mantenibilidad, a través del MTTR después de la nueva gestión del mantenimiento



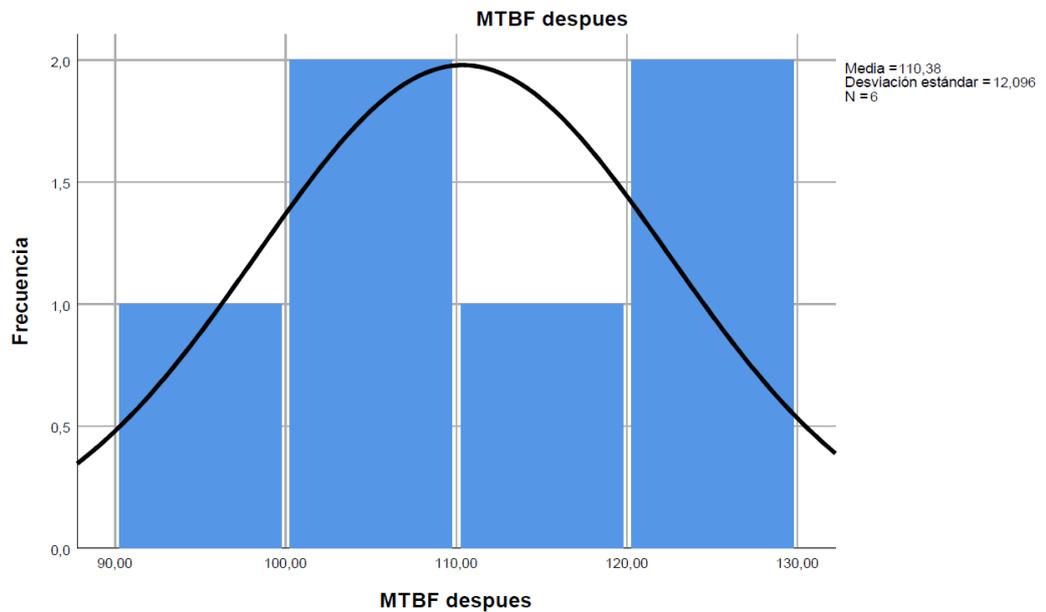
Fuente: Elaboración en SPSS.

Figura 5.12 Histograma de la fiabilidad, a través del MTBF antes de la nueva gestión del mantenimiento



Fuente: Elaboración en SPSS.

Figura 5.13 Histograma de la fiabilidad, a través del MTBF después de la nueva gestión del mantenimiento



Fuente: Elaboración en SPSS.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.

6.1.1. Contrastación y demostración de la hipótesis general

Hipótesis General: La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la disponibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023.

En los resultados descriptivos se puede apreciar en la figura número 5.1 que la evolución de la disponibilidad sigue una pendiente positiva desde 86.46% hasta 94.91%, se puede apreciar en la figura número 5.5 que la media de la disponibilidad antes fue de 87.1% y con la implementación de la nueva gestión del mantenimiento fue de 92.2%, donde se obtuvo una mejora del 5.1%.

En los resultados inferenciales se puede apreciar en la tabla número 5.4 que los datos pasaron la prueba y siguen una distribución normal, con lo que se aplicó la prueba paramétrica T de Student para muestras emparejadas, en la tabla número 5.7 se puede apreciar que los datos pasaron la prueba paramétrica en donde la disponibilidad después es mayor que la disponibilidad antes de aplicar la nueva gestión del mantenimiento.

Resultado General: La disponibilidad antes de aplicar el mantenimiento predictivo es menor que la disponibilidad después de aplicar el mantenimiento predictivo; luego, el mantenimiento predictivo aplicado a los equipos permitió mejorar su disponibilidad.

6.1.2. Contrastación y demostración de las hipótesis específicas

1. **Hipótesis Específica 1:** La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la mantenibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023.

En los resultados descriptivos se puede apreciar en la figura número 5.2 que la evolución de la mantenibilidad a través del MTTR sigue una pendiente negativa desde 10.82 horas hasta 6.89 horas, se puede apreciar en la figura número 5.6 que la media del MTTR antes fue de 11.14 horas y con la implementación de la nueva gestión del mantenimiento fue de 9.12 horas, donde se obtuvo una mejora del 18.1%.

En los resultados inferenciales se puede apreciar en la tabla número 5.5 que los datos pasaron la prueba y siguen una distribución normal, con lo que se aplicó la prueba paramétrica T de Student para muestras emparejadas, en la tabla número 5.8 se puede apreciar que los datos pasaron la prueba paramétrica en donde el MTTR después es menor que el MTTR antes de aplicar la nueva gestión del mantenimiento.

Resultado Específico 1: El MTTR antes de aplicar el mantenimiento predictivo es mayor que el MTTR después de aplicar el mantenimiento predictivo; luego, el mantenimiento predictivo aplicado a los equipos permitió mejorar su mantenibilidad.

2. **Hipótesis Específica 2:** La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la fiabilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, Ayacucho 2023.

En los resultados descriptivos se puede apreciar en la figura número 5.3 que la evolución de la fiabilidad a través del MTBF sigue una pendiente positiva desde 69.12 horas hasta 128.46 horas, se puede apreciar en la figura número 5.7 que la media del MTBF antes fue de 75.85 horas y con la implementación de la nueva gestión del mantenimiento fue de 110.38 horas, donde se obtuvo una mejora del 45.5%.

En los resultados inferenciales se puede apreciar en la tabla número 5.6 que los datos pasaron la prueba y siguen una distribución normal, con lo que se aplicó la prueba paramétrica T de Student para muestras emparejadas, en la tabla número 5.9 se puede apreciar que los datos pasaron la prueba paramétrica en donde el MTBF después es mayor que el MTBF antes de aplicar la nueva gestión del mantenimiento.

Resultado Específico 2: El MTBF antes de aplicar el mantenimiento predictivo es menor que el MTBF después de aplicar el mantenimiento predictivo; luego, el mantenimiento predictivo aplicado a los equipos permitió mejorar su fiabilidad.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

1. Según (RAPOSO, y otros, 2019), el implementar un mantenimiento basado en la condición de análisis de aceites, permite variar la

disponibilidad de la flota de buses de 94% a 97%, obteniendo una mejora del 3%.

Contrastación: La disponibilidad antes es menor que la disponibilidad después de aplicar la nueva gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites, permite que la disponibilidad pase de 86.5% a 94.9%, obteniendo una mejora de 8.4%; realizando la contrastación entre ambas investigaciones, se verifica que existe una diferencia de 5.4%.

2. Según (ALAVEDRA, y otros, 2016), implementar una nueva gestión del mantenimiento a una flota de camiones volquetes, permite variar el MTTR promedio de 2.32 horas a 2.33 horas, obteniendo una pequeña diferencia desfavorable de 0.01 horas.

Contrastación: El MTTR antes es mayor que el MTTR después de aplicar la nueva gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites, permite que el MTTR promedio pase de 11.14 horas a 9.12 horas, obteniendo una mejora de 2.02 horas; realizando la contrastación entre ambas investigaciones, se verifica que existe una diferencia de 2.03 horas.

3. Según (ALAVEDRA, y otros, 2016), implementar una nueva gestión del mantenimiento a una flota de camiones volquetes, permite variar el MTBF promedio de 119.64 horas a 52.15 horas, obteniendo una mejora de 67.49 horas.

Contrastación: El MTBF antes es menor que el MTBF después de aplicar la nueva gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites, permite que el MTBF promedio pase de 75.85 horas a 110.38 horas, obteniendo una mejora de 34.53 horas; realizando la contrastación entre ambas investigaciones, se verifica que existe una diferencia de 32.96 horas.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

Para la elaboración del presente informe de estudio se basó en la directiva Nro. 004-2022-R de la Universidad Nacional del Callao, y se cuenta con la autorización firmada de uso de datos de la empresa.

VII. CONCLUSIONES

1. Con la nueva gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceite, se concluye que mejoró la disponibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, donde la disponibilidad después es mayor a la disponibilidad antes de la nueva gestión del mantenimiento; se comprobó que los datos siguen una distribución normal, con lo que se aplicó la prueba paramétrica T de Student para muestras emparejadas, obteniendo que el MTTR mejoró en 5.1%.
2. Con la nueva gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceite, se concluye que mejoró la mantenibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, donde el MTTR después es menor al MTTR antes de la nueva gestión del mantenimiento; se comprobó que los datos siguen una distribución normal, con lo que se aplicó la prueba paramétrica T de Student para muestras emparejadas, obteniendo que el MTTR mejoró en 18.1%.
3. Con la nueva gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceite, se concluye que mejoró la fiabilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m³ en una mina subterránea, donde el MTBF después es mayor al MTBF antes de la nueva gestión del mantenimiento; se comprobó que los datos siguen una distribución normal, con lo que se aplicó la prueba paramétrica T de Student para muestras emparejadas, obteniendo que el MTBF mejoró en 45.5%.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Para el personal del área de mantenimiento se recomienda continuar con la nueva gestión del mantenimiento, para estabilizar a lo largo del tiempo los indicadores como el MTTR, el MTBF y la disponibilidad de la flota de volquetes.
2. Para la gerencia del área de equipos de empresas que cuentan con flota de equipos, se recomienda utilizar los contratos de consignación para tener los repuestos e insumos a la mano y así evitar tener equipos inoperativos por espera logística.
3. Para la gerencia del área de equipos de empresas que cuentan con flota de equipos, se recomienda utilizar insumos originales, invirtiendo un plus adicional, pero logrando en contraparte mejorar sus indicadores.
4. Para la gerencia del área de equipos de empresas que cuentan con flota de equipos, se recomienda aprovechar los contratos de exclusividad en repuestos e insumos originales, logrando en la negociación el costo cero del análisis de aceites.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACUÑA, Jorge. 2003. Ingeniería de Confiabilidad. 1ra. ed. Cartago (Costa Rica): Editorial Tecnológica de Costa Rica. 328 pág. ISBN 9977-66-141-3.
2. SOLORZANO, Emilio. 2022. Estrategias de gestión del mantenimiento de volquetes. Manabí (Ecuador): Revista Científica INGENIAR. ISSN 2737-6249.
3. MACIAS, Angel, ARTEGA, Angel y RODRIGUEZ, Pedro. 2021. Análisis de los indicadores de la caldera de una planta procesadora de conservas de atún. La Habana (Cuba): Revista CUJAE de la Universidad Tecnológica de La Habana. ISSN 1815-5944.
4. PEREZ, Julio y SUPO, Dante. 2018. Gestión de mantenimiento para reducir costos en el área de electromecánica en el hospital regional Lambayeque. Lambayeque (Perú): Revista Científica de Ingeniería, Ciencia, Tecnología e Innovación. <https://doi.org/10.26495/icti.v5i1.987>.
5. INTI, Darwin y ALVAREZ, Fredy. 2019. Mantenimiento predictivo por análisis de aceite, para optimizar costos operativos por disponibilidad, montacargas P33000. Siderúrgica del Perú S.A.A. Chimbote 2018. Chimbote (Perú): Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27573?locale-attribute=es>.
6. ACUÑA, Jorge. 2022. Ingeniería de Confiabilidad. 2da. ed. Cartago (Costa Rica): Editorial Tecnológica de Costa Rica. 414 pág. ISBN 978-9977-66-485-9.
7. CRESPO, Adolfo, y otros. 2020. Diseño de planes CBM, basados en análisis predictivo y herramientas de Big Data, para rodamientos de ruedas de trenes. (Portugal): Elsevier. ISSN 0166-3615.

8. RAPOSO, Hugo, y otros. 2019. Monitoreo de condición con predicción basada en análisis de aceite de motor diesel: un estudio de caso para autobuses urbanos. Coimbra (Portugal): Actuators. ISSN 2076-0825.
9. ALLA, Hemanth, HALL, Roberto y MANZANAS, Derek. 2020. Evaluación del desempeño del monitoreo de condición casi en tiempo real en camiones de extracción. Edmonton (Canadá): International Journal of Mining Science and Technology. ISSN 2095-2686.
10. BUENAÑO, Luis, VILLAGRAN, Wilson y SANTILLAN, Carlos. 2019. Utilización de la auditoría de mantenimiento y el análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) como herramientas para la identificación de problemas en la gestión de mantenimiento de locomotoras en empresas de ferrocarriles. Riobamba (Ecuador): Revista Científica FIPCAEC (Fomento de la investigación y publicación científico-técnica multidisciplinaria). ISSN 2588-090X.
11. ALAVEDRA, Carol, y otros. 2016. Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. Lima (Perú): Revista Científica FIPCAEC (Fomento de la investigación y publicación científico-técnica multidisciplinaria). ISSN 1025-9929.
12. PAEZ, Rafael. 2022. Importancia de la ingeniería de confiabilidad operacional para el desarrollo empresarial. Lima (Perú): Revista Industrial Data. ISSN 1560-9146.
13. RIVAS, Alfonso, NUÑEZ, Sergio y MOSCOSO, Ronal. 2020. Modelo de gestión para el control de riesgos en oleoductos, poliductos y gasoductos. Lima (Perú): Revista Industrial Data. ISSN: 1810-9993.
14. RAYME, Maricielo y DIAZ, Jorge. 2021. Mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en los equipos de medición. Lima (Perú): Revista Científica y Tecnológica QANTU YACHAY. ISSN: 2810-8248.

15. HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. 2010. Metodología de la investigación. 5ta. ed. México D.F. (México): McGRAW-HILL. 736 pág. ISBN 978-607-15-0291-9.
16. BERNAL, Cesar. 2006. Metodología de la investigación Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales. 2da. ed. México D.F. (México): Pearson Educación. 304 pág. ISBN 970-26-0645-4.
17. ALS, Brasil. 2018. YouTube. [En línea] 16 de agosto de 2018. [Citado el: 31 de marzo de 2023.] #Tribologia #ManutençãoPreditiva. <https://www.youtube.com/watch?v=VLGfIIIIRANU>.
18. GALLEGOS, Cesar, VISCAINO, Mayra y VILLACRES, Sergio. 2020. Estudio de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad aplicado a grupos electrógenos prime. Riobamba (Ecuador): Conciencia Digital. ISSN 2600-5859.
19. RAMOS, Carlos. 2021. Diseños de investigación experimental. Quito (Ecuador): CienciAmérica. ISSN 1390-9592.
20. RAVINES, Sheila. 2020. Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento predictivo para incrementar la disponibilidad mecánica de una flota de maquinaria pesada de una empresa de servicios de maquinaria. Cajamarca (Perú): Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24850>.
21. ZAMBRANO, Jonathan y PEREZ, Julio. 2021. Estudio de la aplicación del mantenimiento predictivo en motores diésel en la provincia de Manabí. Manabí (Ecuador): Revista Científica INGENIAR. ISSN 2737-6249.

ANEXOS

1. Matriz de consistencia

Tabla 10.1 Matriz de consistencia

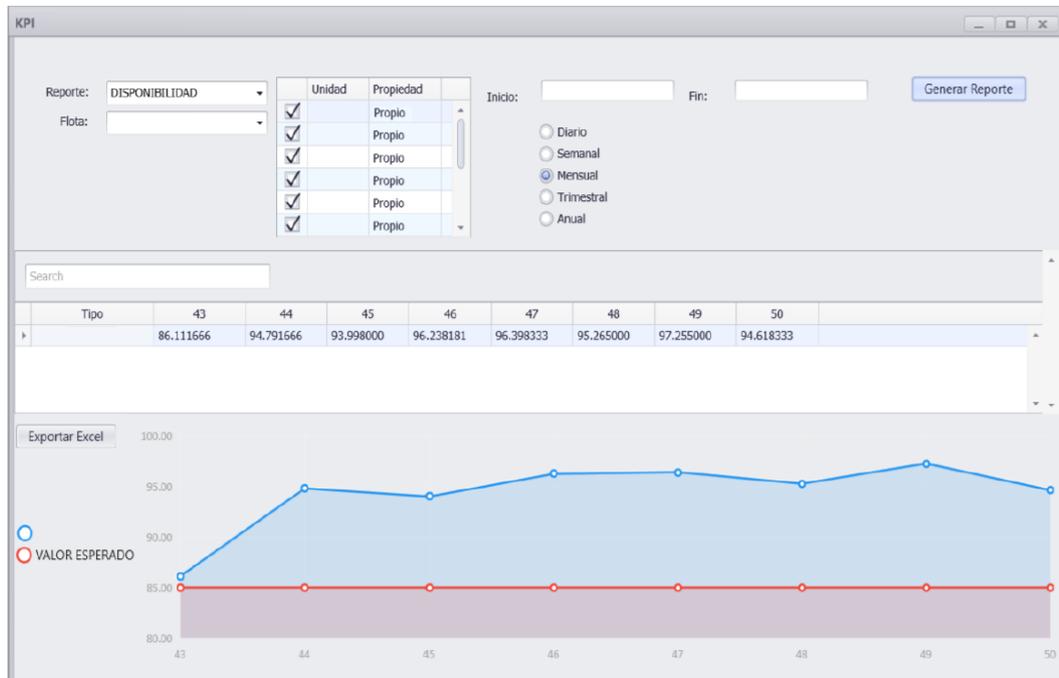
MATRIZ DE CONSISTENCIA				
GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN ANÁLISIS DE ACEITES PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA DE CAMIONES VOLQUETES DE 17 M3 EN UNA MINA SUBTERRÁNEA, AYACUCHO 2023				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la disponibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m3 en una mina subterránea, Ayacucho 2023?	Determinar cómo la gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la disponibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m3 en una mina subterránea, Ayacucho 2023.	La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la disponibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m3 en una mina subterránea, Ayacucho 2023.	VARIABLE INDEPENDIENTE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN ANÁLISIS DE ACEITES	TIPO Aplicada ENFOQUE Cuantitativo NIVEL Explicativa DISEÑO Pre-experimental POBLACIÓN Flota de 15 camiones volquetes de 17 m3. MUESTRA Flota de 15 camiones volquetes de 17 m3. TÉCNICAS Análisis documental. INSTRUMENTOS Reportes SAP de medición de tiempos de OT.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	DIMENSIONES Mantenimiento correctivo. Mantenimiento preventivo Mantenimiento predictivo.	
¿La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la mantenibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m3 en una mina subterránea, Ayacucho 2023?	Determinar cómo la gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la mantenibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m3 en una mina subterránea, Ayacucho 2023.	La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la mantenibilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m3 en una mina subterránea, Ayacucho 2023.	VARIABLE DEPENDIENTE DISPONIBILIDAD	
¿La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la fiabilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m3 en una mina subterránea, Ayacucho 2023?	Determinar cómo la gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la fiabilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m3 en una mina subterránea, Ayacucho 2023.	La gestión del mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites mejora la fiabilidad de la flota de camiones volquetes de 17 m3 en una mina subterránea, Ayacucho 2023.	DIMENSIONES Mantenibilidad Fiabilidad	

2. Consentimiento informado

Se presentó la carta de autorización de uso de datos de la empresa firmada por el gerente general, se adjuntó el DNI y consulta RUC actual por ser empresa privada; en donde se especifica que se debe mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa, y se limita el uso de los datos pertenecientes al mantenimiento de los equipos durante el periodo de 01 año, sin incluir datos de costos.

3. Base de datos

Figura 10.1 Reporte SAP de medición de tiempos de OT



Fuente: Módulo de KPI del SAP.

Figura 10.2 Datos de tiempos y KPI del semestre jun'22 - nov'22

RESUMEN DE TIEMPOS DE OT Del 26 de may'22 al 25 de nov'22																					
EQUIPO DE TRABAJO		REPORTE DE MANTENIMIENTO																			
		MANTENIMIENTOS NO PROGRAMADOS										MANTENIMIENTOS PROGRAMADOS									
		MANTENIMIENTO REACTIVO (CORRECTIVO NO PROGRAMADO)										MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO					MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
ITEM	VOLQUETE	PARADAS	HORAS MECÁNICA	PARADAS	HORAS ELÉCTRICO	PARADAS	HORAS LLANTAS	PARADAS	HORAS ACCIDENTE	PARADAS	HORAS MECÁNICA	PARADAS	HORAS ELÉCTRICO	PARADAS	HORAS LLANTAS	PARADAS	HORAS ENGRASE	PARADAS	HORAS CAMBIO DE ACEITE	PARADAS	HORAS REVISIÓN E INSPECCIÓN
1	EQ01	19.00	237.50	14.00	245.00	12.00	54.00	-	-	4.00	38.00	3.00	31.50	3.00	7.50	13.00	13.00	6.50	22.75	184.00	46.00
2	EQ02	21.00	262.50	16.00	280.00	14.00	63.00	-	-	3.00	28.50	2.00	21.00	2.00	5.00	12.00	12.00	6.00	21.00	184.00	46.00
3	EQ03	24.00	245.00	19.00	332.50	17.00	76.50	-	-	5.00	47.50	4.00	17.50	4.00	10.00	12.00	12.00	6.00	21.00	184.00	46.00
4	EQ04	21.00	262.50	16.00	280.00	14.00	63.00	-	-	3.00	28.50	2.00	21.00	2.00	5.00	12.00	12.00	6.00	21.00	184.00	46.00
5	EQ05	18.00	225.00	13.00	227.50	11.00	49.50	-	-	1.00	9.50	-	-	-	-	12.00	12.00	6.00	21.00	184.00	46.00
6	EQ06	19.00	237.50	14.00	245.00	12.00	54.00	-	-	4.00	38.00	3.00	21.50	3.00	7.50	12.00	12.00	6.00	21.00	184.00	46.00
7	EQ07	17.00	212.50	12.00	210.00	10.00	45.00	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	12.00	12.00	6.00	21.00	184.00	46.00
8	EQ08	24.00	259.00	19.00	332.50	17.00	76.50	-	-	3.00	28.50	2.00	21.00	2.00	5.00	12.00	12.00	6.00	21.00	184.00	46.00
9	EQ09	23.00	287.50	18.00	315.00	16.00	72.00	-	-	4.00	38.00	3.00	17.00	3.00	7.50	12.00	12.00	6.00	21.00	184.00	46.00
10	EQ10	23.00	287.50	18.00	315.00	16.00	72.00	-	-	3.00	28.50	2.00	21.00	2.00	5.00	12.00	12.00	6.00	21.00	184.00	46.00
11	EQ11	24.00	245.00	19.00	332.50	17.00	76.50	-	-	3.00	28.50	2.00	21.00	2.00	5.00	12.00	12.00	6.00	21.00	184.00	46.00
12	EQ12	21.00	262.50	16.00	280.00	14.00	63.00	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	12.00	12.00	6.00	21.00	184.00	46.00
13	EQ13	26.00	297.00	21.00	367.50	19.00	85.50	-	-	5.00	47.50	4.00	28.00	4.00	10.00	13.00	13.00	6.50	22.75	184.00	46.00
14	EQ14	20.00	250.00	15.00	262.50	13.00	58.50	-	-	3.00	28.50	2.00	21.00	2.00	5.00	12.00	12.00	6.00	21.00	184.00	46.00
15	EQ15	21.00	262.50	16.00	280.00	14.00	63.00	-	-	3.00	28.50	2.00	21.00	2.00	5.00	12.00	12.00	6.00	21.00	184.00	46.00
TOTAL		321.00	3,833.50	246.00	4,305.00	216.00	972.00	-	-	48.00	456.00	33.00	283.50	33.00	82.50	182.00	182.00	91.00	318.50	2,760.00	690.00
		783.00				9,110.50				114.00				822.00				3,033.00		1,190.50	

KPI Del 26 de may'22 al 25 de nov'22													
EQUIPO DE TRABAJO		HORÓMETRO		TIEMPO DE MANTENIMIENTO						HORAS CONSUMIDAS	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
				TOTAL MMTO. REACTIVO		TOTAL MMTO. CORRECTIVO PROG.		TOTAL MMTO. PREVENTIVO					
				PARADAS	HORAS	PARADAS	HORAS	PARADAS	HORAS				
1	EQ01	9,511.42	11,555.89	45.00	536.50	10.00	77.00	203.50	81.75	2,044.47	80.29	11.15	87.80%
2	EQ02	9,358.02	11,201.91	51.00	605.50	7.00	54.50	202.00	79.00	1,843.89	76.14	11.38	87.00%
3	EQ03	7,956.02	9,830.20	60.00	654.00	13.00	75.00	202.00	79.00	1,874.18	60.49	9.99	85.83%
4	EQ04	7,624.43	9,619.84	51.00	605.50	7.00	54.50	202.00	79.00	1,995.41	76.14	11.38	87.00%
5	EQ05	5,618.18	7,624.43	42.00	502.00	1.00	9.50	202.00	79.00	2,006.25	102.70	11.90	89.62%
6	EQ06	5,687.47	7,550.35	45.00	536.50	10.00	67.00	202.00	79.00	1,862.88	80.29	10.97	87.98%
7	EQ07	4,969.14	6,990.87	39.00	467.50	4.00	32.00	202.00	79.00	2,021.73	102.70	11.62	89.84%
8	EQ08	4,234.54	6,079.50	60.00	668.00	7.00	54.50	202.00	79.00	1,844.96	65.91	10.78	85.94%
9	EQ09	4,129.27	6,195.39	57.00	674.50	10.00	62.50	202.00	79.00	2,066.12	65.91	11.00	85.70%
10	EQ10	273.23	2,079.49	57.00	674.50	7.00	54.50	202.00	79.00	1,806.26	69.00	11.39	85.83%
11	EQ11	279.64	2,129.58	60.00	654.00	7.00	54.50	202.00	79.00	1,849.94	65.91	10.57	86.17%
12	EQ12	252.94	2,163.12	51.00	605.50	4.00	32.00	202.00	79.00	1,910.18	80.29	11.59	87.38%
13	EQ13	218.28	1,914.53	66.00	750.00	13.00	85.50	203.50	81.75	1,696.25	55.90	10.58	84.09%
14	EQ14	112.47	2,021.88	48.00	571.00	7.00	54.50	202.00	79.00	1,909.41	80.20	11.37	87.58%
15	EQ15	144.14	2,090.96	51.00	605.50	7.00	54.50	202.00	79.00	1,946.82	75.93	11.38	86.97%
TOTAL				783.00	9,110.50	114.00	822.00	3,033.00	1,190.50	28,678.75	75.85	11.14	87.09%

Fuente: Datos generados del módulo de KPI del SAP.

Figura 10.3 Datos de tiempos y KPI del mes de dic'22

RESUMEN DE TIEMPOS DE OT Del 26 de nov'22 al 25 de dic'22																									
EQUIPO DE TRABAJO		REPORTE DE MANTENIMIENTO																							
		MANTENIMIENTOS NO PROGRAMADOS								MANTENIMIENTOS PROGRAMADOS															
		MANTENIMIENTO REACTIVO (CORRECTIVO NO PROGRAMADO)								MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO								MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
ITEM	VOLQUETE	PARADAS	HORAS MECÁNICA	PARADAS	HORAS ELÉCTRICO	PARADAS	HORAS LLANTAS	PARADAS	HORAS ACCIDENTE	PARADAS	HORAS MECÁNICA	PARADAS	HORAS ELÉCTRICO	PARADAS	HORAS LLANTAS	PARADAS	HORAS ENGRASE	PARADAS	HORAS CAMBIO DE ACEITE	PARADAS	HORAS REVISIÓN E INSPECCIÓN				
1	EQ01	2.00	25.00	1.00	18.50	1.00	4.50	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50				
2	EQ02	3.00	37.50	2.00	37.00	2.00	9.00	-	-	2.00	28.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50				
3	EQ03	2.00	32.00	1.00	17.50	1.00	4.50	-	-	1.00	12.50	-	-	-	-	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50				
4	EQ04	3.00	37.50	2.00	35.00	2.00	9.00	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50				
5	EQ05	2.00	25.00	1.00	17.50	1.00	4.50	-	-	3.00	28.50	2.00	21.00	2.00	5.00	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50				
6	EQ06	3.00	37.50	2.00	35.00	2.00	9.00	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50				
7	EQ07	1.00	12.50	-	-	-	-	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50				
8	EQ08	4.00	32.00	3.00	52.50	3.00	13.50	-	-	1.00	9.50	-	-	-	-	2.00	2.00	2.00	7.00	30.00	7.50				
9	EQ09	3.00	37.50	2.00	35.00	2.00	9.00	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50				
10	EQ10	2.00	25.00	1.00	17.50	1.00	4.50	-	-	2.00	23.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	2.00	7.00	30.00	7.50				
11	EQ11	1.00	18.00	-	-	-	-	-	-	1.00	12.50	-	-	-	-	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50				
12	EQ12	2.00	25.00	1.00	17.50	1.00	4.50	-	-	2.00	23.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50				
13	EQ13	5.00	42.50	4.00	70.00	4.00	18.00	-	-	3.00	28.50	2.00	21.00	2.00	5.00	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50				
14	EQ14	2.00	25.00	1.00	17.50	1.00	4.50	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50				
15	EQ15	4.00	50.00	3.00	52.50	3.00	13.50	-	-	1.00	11.50	-	-	-	-	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50				
TOTAL		39.00	462.00	24.00	423.00	24.00	108.00	-	-	28.00	292.50	13.00	136.50	13.00	32.50	30.00	30.00	17.00	59.50	450.00	112.50				
		87.00				993.00				54.00				461.50				497.00				202.00			

KPI Del 26 de nov'22 al 25 de dic'22													
EQUIPO DE TRABAJO		HORÓMETRO		TIEMPO DE MANTENIMIENTO						HORAS CONSUMIDAS	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
				TOTAL MMT. REACTIVO		TOTAL MMT. CORRECTIVO		TOTAL MMT. PREVENTIVO					
		INICIAL	FINAL	PARADAS	HORAS	PARADAS	HORAS	PARADAS	HORAS				
1	EQ01	11,555.89	11,909.00	4.00	48.00	4.00	32.00	33.00	13.00	353.11	90.00	10.00	90.00%
2	EQ02	11,201.91	11,544.45	7.00	83.50	4.00	41.50	33.00	13.00	342.54	65.45	11.36	85.21%
3	EQ03	9,830.20	10,212.32	4.00	54.00	1.00	12.50	33.00	13.00	382.12	144.00	13.30	91.54%
4	EQ04	9,619.84	9,929.78	7.00	81.50	4.00	32.00	33.00	13.00	309.94	65.45	10.32	86.38%
5	EQ05	7,624.43	7,990.07	4.00	47.00	7.00	54.50	33.00	13.00	365.64	65.45	9.23	87.64%
6	EQ06	7,550.35	7,890.18	7.00	81.50	4.00	32.00	33.00	13.00	339.83	65.45	10.32	86.38%
7	EQ07	6,990.87	7,360.36	1.00	12.50	4.00	32.00	33.00	13.00	369.49	144.00	8.90	94.18%
8	EQ08	6,079.50	6,370.41	10.00	98.00	1.00	9.50	34.00	16.50	290.91	65.45	9.77	87.01%
9	EQ09	6,195.39	6,494.55	7.00	81.50	4.00	32.00	33.00	13.00	299.16	65.45	10.32	86.38%
10	EQ10	2,079.49	2,460.97	4.00	47.00	4.00	36.50	34.00	16.50	381.48	90.00	10.44	89.61%
11	EQ11	2,129.58	2,435.85	1.00	18.00	1.00	12.50	33.00	13.00	306.27	360.00	15.25	95.94%
12	EQ12	2,163.12	2,484.88	4.00	47.00	4.00	36.50	33.00	13.00	321.76	90.00	10.44	89.61%
13	EQ13	1,914.53	2,085.74	13.00	130.50	7.00	54.50	33.00	13.00	171.21	37.20	9.25	80.09%
14	EQ14	2,021.88	2,342.82	4.00	47.00	4.00	32.00	33.00	13.00	320.94	93.00	9.88	90.40%
15	EQ15	2,090.96	2,396.33	10.00	116.00	1.00	11.50	33.00	13.00	305.37	67.75	11.59	85.39%
TOTAL				87.00	993.00	54.00	461.50	497.00	202.00	4,859.77	100.58	10.69	90.39%

Fuente: Datos generados del módulo de KPI del SAP.

Figura 10.4 Datos de tiempos y KPI del mes de ene'23

RESUMEN DE TIEMPOS DE OT Del 26 de dic'22 al 25 de ene'23																						
EQUIPO DE TRABAJO		REPORTE DE MANTENIMIENTO																				
		MANTENIMIENTOS NO PROGRAMADOS									MANTENIMIENTOS PROGRAMADOS											
		MANTENIMIENTO REACTIVO (CORRECTIVO NO PROGRAMADO)									MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO						MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
ITEM	VOLQUETE	PARADAS	HORAS MECÁNICA	PARADAS	HORAS ELÉCTRICO	PARADAS	HORAS LLANTAS	PARADAS	HORAS ACCIDENTE	PARADAS	HORAS MECÁNICA	PARADAS	HORAS ELÉCTRICO	PARADAS	HORAS LLANTAS	PARADAS	HORAS ENGRASE	PARADAS	HORAS CAMBIO DE ACEITE	PARADAS	HORAS REVISIÓN E INSPECCIÓN	
1	EQ01	2.00	31.00	1.00	18.50	1.00	4.50	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
2	EQ02	3.00	45.00	2.00	37.00	2.00	9.00	-	-	1.00	28.50	-	-	-	-	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
3	EQ03	1.00	15.50	-	-	-	-	-	-	2.00	12.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
4	EQ04	3.00	42.00	2.00	35.00	2.00	9.00	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
5	EQ05	2.00	31.00	1.00	17.50	1.00	4.50	-	-	3.00	28.50	2.00	21.00	2.00	5.00	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
6	EQ06	2.00	31.00	1.00	17.50	1.00	4.50	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
7	EQ07	2.00	31.00	1.00	17.50	1.00	4.50	-	-	1.00	9.50	-	-	-	-	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
8	EQ08	2.00	31.00	1.00	17.50	1.00	4.50	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
9	EQ09	3.00	46.00	2.00	35.00	2.00	9.00	-	-	1.00	9.50	-	-	-	-	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
10	EQ10	1.00	15.50	-	-	-	-	-	-	2.00	23.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
11	EQ11	2.00	31.00	1.00	17.50	1.00	4.50	-	-	2.00	12.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
12	EQ12	2.00	31.00	1.00	17.50	1.00	4.50	-	-	1.00	23.50	-	-	-	-	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
13	EQ13	5.00	77.50	4.00	70.00	4.00	18.00	-	-	3.00	28.50	2.00	21.00	2.00	5.00	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
14	EQ14	2.00	31.00	1.00	17.50	1.00	4.50	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
15	EQ15	3.00	46.50	2.00	35.00	2.00	9.00	-	-	2.00	11.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
TOTAL		35.00	536.00	20.00	353.00	20.00	90.00	-	-	28.00	283.00	13.00	136.50	13.00	32.50	30.00	30.00	15.00	52.50	465.00	116.25	
		75.00			979.00					54.00			452.00			510.00			198.75			

KPI Del 26 de dic'22 al 25 de ene'23													
EQUIPO DE TRABAJO		HORÓMETRO		TIEMPO DE MANTENIMIENTO						HORAS CONSUMIDAS	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
				TOTAL MMTO. REACTIVO		TOTAL MMTO. CORRECTIVO		TOTAL MMTO. PREVENTIVO					
				PARADAS	HORAS	PARADAS	HORAS	PARADAS	HORAS				
1	EQ01	11,909.00	12,290.27	4.00	54.00	4.00	32.00	34.00	13.25	381.27	93.00	10.75	89.64%
2	EQ02	11,544.45	11,848.35	7.00	91.00	1.00	28.50	34.00	13.25	303.90	93.00	14.94	86.16%
3	EQ03	10,212.32	10,598.40	1.00	15.50	4.00	25.50	34.00	13.25	386.08	148.80	8.20	94.78%
4	EQ04	9,929.78	10,375.92	7.00	86.00	4.00	32.00	34.00	13.25	446.14	67.64	10.73	86.31%
5	EQ05	7,990.07	8,312.01	4.00	53.00	7.00	54.50	34.00	13.25	321.94	67.64	9.77	87.38%
6	EQ06	7,890.18	8,203.45	4.00	53.00	4.00	32.00	34.00	13.25	313.27	93.00	10.63	89.75%
7	EQ07	7,360.36	7,587.70	4.00	53.00	1.00	9.50	34.00	13.25	227.34	148.80	12.50	92.25%
8	EQ08	6,370.41	6,628.15	4.00	53.00	4.00	32.00	34.00	13.25	257.74	93.00	10.63	89.75%
9	EQ09	6,494.55	6,859.19	7.00	90.00	1.00	9.50	34.00	13.25	364.64	93.00	12.44	88.20%
10	EQ10	2,460.97	2,831.25	1.00	15.50	4.00	36.50	34.00	13.25	370.28	148.80	10.40	93.47%
11	EQ11	2,435.85	2,801.22	4.00	53.00	4.00	25.50	34.00	13.25	365.37	93.00	9.81	90.46%
12	EQ12	2,484.88	2,875.34	4.00	53.00	1.00	23.50	34.00	13.25	390.46	148.80	15.30	90.68%
13	EQ13	2,085.74	2,208.68	13.00	165.50	7.00	54.50	34.00	13.25	122.94	37.20	11.00	77.18%
14	EQ14	2,342.82	2,668.29	4.00	53.00	4.00	32.00	34.00	13.25	325.47	91.50	10.63	89.60%
15	EQ15	2,396.33	2,735.70	7.00	90.50	4.00	24.50	34.00	13.25	339.37	65.45	10.45	86.23%
TOTAL				75.00	979.00	54.00	452.00	510.00	198.75	4,916.21	98.84	11.21	89.81%

Fuente: Datos generados del módulo de KPI del SAP.

Figura 10.5 Datos de tiempos y KPI del mes de feb'22

RESUMEN DE TIEMPOS DE OT Del 26 de ene'23 al 25 de feb'23																					
EQUIPO DE TRABAJO		REPORTE DE MANTENIMIENTO																			
		MANTENIMIENTOS NO PROGRAMADOS										MANTENIMIENTOS PROGRAMADOS									
		MANTENIMIENTO REACTIVO (CORRECTIVO NO PROGRAMADO)										MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO					MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
ITEM	VOLQUETE	PARADAS	HORAS MECÁNICA	PARADAS	HORAS ELÉCTRICO	PARADAS	HORAS LLANTAS	PARADAS	HORAS ACCIDENTE	PARADAS	HORAS MECÁNICA	PARADAS	HORAS ELÉCTRICO	PARADAS	HORAS LLANTAS	PARADAS	HORAS ENGRASE	PARADAS	HORAS CAMBIO DE ACEITE	PARADAS	HORAS REVISIÓN E INSPECCIÓN
1	EQ01	2.00	25.00	1.00	15.50	1.00	4.50	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
2	EQ02	3.00	37.50	2.00	31.00	2.00	9.00	-	-	2.00	28.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	-	-	31.00	7.75
3	EQ03	2.00	25.00	1.00	15.50	1.00	4.50	-	-	2.00	12.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
4	EQ04	3.00	37.50	2.00	31.00	2.00	9.00	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
5	EQ05	1.00	12.50	-	-	-	-	-	-	1.00	9.50	-	-	-	-	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
6	EQ06	2.00	25.00	1.00	15.50	1.00	4.50	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
7	EQ07	2.00	25.00	1.00	15.50	1.00	4.50	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
8	EQ08	1.00	12.50	-	-	-	-	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
9	EQ09	3.00	37.50	2.00	31.00	2.00	9.00	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
10	EQ10	2.00	25.00	1.00	15.50	1.00	4.50	-	-	2.00	23.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
11	EQ11	3.00	37.50	2.00	31.00	2.00	9.00	-	-	2.00	12.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
12	EQ12	2.00	25.00	1.00	15.50	1.00	4.50	-	-	2.00	23.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
13	EQ13	5.00	62.50	4.00	62.00	4.00	18.00	-	-	3.00	28.50	2.00	21.00	2.00	5.00	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
14	EQ14	3.00	37.50	2.00	31.00	2.00	9.00	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
15	EQ15	3.00	37.50	2.00	31.00	2.00	9.00	-	-	2.00	11.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
TOTAL		37.00	462.50	22.00	341.00	22.00	99.00	-	-	30.00	283.00	15.00	157.50	15.00	37.50	30.00	30.00	14.00	49.00	465.00	116.25
		81.00			902.50					60.00			478.00			509.00			195.25		

KPI Del 26 de ene'23 al 25 de feb'23													
EQUIPO DE TRABAJO		HORÓMETRO		TIEMPO DE MANTENIMIENTO						HORAS CONSUMIDAS	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
				TOTAL MMTO. REACTIVO		TOTAL MMTO. CORRECTIVO		TOTAL MMTO. PREVENTIVO					
				PARADAS	HORAS	PARADAS	HORAS	PARADAS	HORAS				
1	EQ01	12,290.27	12,707.14	4.00	45.00	4.00	32.00	34.00	13.25	416.87	93.00	9.63	90.62%
2	EQ02	11,848.35	12,256.12	7.00	77.50	4.00	41.50	33.00	9.75	407.77	67.64	10.82	86.21%
3	EQ03	10,598.40	10,943.18	4.00	45.00	4.00	25.50	34.00	13.25	344.78	93.00	8.81	91.34%
4	EQ04	10,375.92	10,805.55	7.00	77.50	4.00	32.00	34.00	13.25	429.63	67.64	9.95	87.17%
5	EQ05	8,312.01	8,680.59	1.00	12.50	1.00	9.50	34.00	13.25	368.58	372.00	11.00	97.13%
6	EQ06	8,203.45	8,431.03	4.00	45.00	4.00	32.00	34.00	13.25	227.58	93.00	9.63	90.62%
7	EQ07	7,587.70	7,883.82	4.00	45.00	4.00	32.00	34.00	13.25	296.12	93.00	9.63	90.62%
8	EQ08	6,628.15	6,973.49	1.00	12.50	4.00	32.00	34.00	13.25	345.34	148.80	8.90	94.36%
9	EQ09	6,859.19	7,240.81	7.00	77.50	4.00	32.00	34.00	13.25	381.62	67.64	9.95	87.17%
10	EQ10	2,831.25	3,223.86	4.00	45.00	4.00	36.50	34.00	13.25	392.61	93.00	10.19	90.13%
11	EQ11	2,801.22	3,172.59	7.00	77.50	4.00	25.50	34.00	13.25	371.37	67.64	9.36	87.84%
12	EQ12	2,875.34	3,250.68	4.00	45.00	4.00	36.50	34.00	13.25	375.34	94.20	10.19	90.24%
13	EQ13	2,208.68	2,416.62	13.00	142.50	7.00	54.50	34.00	13.25	207.94	37.80	9.85	79.33%
14	EQ14	2,668.29	3,044.58	7.00	77.50	4.00	32.00	34.00	13.25	376.29	68.73	9.95	87.35%
15	EQ15	2,735.70	3,142.07	7.00	77.50	4.00	24.50	34.00	13.25	406.37	68.73	9.27	88.11%
TOTAL		81.00	902.50	60.00	478.00	509.00	195.25	5,348.21	101.72	9.81	91.20%		

Fuente: Datos generados del módulo de KPI del SAP.

Figura 10.6 Datos de tiempos y KPI del mes de mar'22

RESUMEN DE TIEMPOS DE OT Del 26 de feb'23 al 25 de mar'23																						
EQUIPO DE TRABAJO		REPORTE DE MANTENIMIENTO																				
		MANTENIMIENTOS NO PROGRAMADOS									MANTENIMIENTOS PROGRAMADOS											
		MANTENIMIENTO REACTIVO (CORRECTIVO NO PROGRAMADO)									MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO						MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
ITEM	VOLQUETE	PARADAS	HORAS MECÁNICA	PARADAS	HORAS ELÉCTRICO	PARADAS	HORAS LLANTAS	PARADAS	HORAS ACCIDENTE	PARADAS	HORAS MECÁNICA	PARADAS	HORAS ELÉCTRICO	PARADAS	HORAS LLANTAS	PARADAS	HORAS ENGRASE	PARADAS	HORAS CAMBIO DE ACEITE	PARADAS	HORAS REVISIÓN E INSPECCIÓN	
1	EQ01	3.00	28.50	2.00	27.00	2.00	9.00	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	28.00	7.00	
2	EQ02	3.00	28.50	2.00	27.00	2.00	9.00	-	-	2.00	28.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	28.00	7.00	
3	EQ03	2.00	19.00	1.00	13.50	1.00	4.50	-	-	2.00	12.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	28.00	7.00	
4	EQ04	1.00	9.50	-	-	-	-	-	-	1.00	9.50	-	-	-	-	2.00	2.00	2.00	1.00	7.00	28.00	7.00
5	EQ05	2.00	19.00	1.00	13.50	1.00	4.50	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	28.00	7.00	
6	EQ06	2.00	19.00	1.00	13.50	1.00	4.50	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	28.00	7.00	
7	EQ07	2.00	19.00	1.00	13.50	1.00	4.50	-	-	1.00	9.50	-	-	-	2.00	2.00	1.00	1.00	3.50	28.00	7.00	
8	EQ08	2.00	19.00	1.00	13.50	1.00	4.50	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	28.00	7.00	
9	EQ09	1.00	9.50	-	-	-	-	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	28.00	7.00	
10	EQ10	2.00	19.00	1.00	13.50	1.00	4.50	-	-	1.00	23.50	-	-	-	2.00	2.00	1.00	1.00	3.50	28.00	7.00	
11	EQ11	1.00	9.50	-	-	-	-	-	-	2.00	12.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	28.00	7.00	
12	EQ12	2.00	19.00	1.00	13.50	1.00	4.50	-	-	2.00	23.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	28.00	7.00	
13	EQ13	3.00	28.50	2.00	27.00	2.00	9.00	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	28.00	7.00	
14	EQ14	3.00	28.50	2.00	27.00	2.00	9.00	-	-	2.00	19.00	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	28.00	7.00	
15	EQ15	1.00	9.50	-	-	-	-	-	-	2.00	11.50	1.00	10.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	28.00	7.00	
TOTAL		30.00	285.00	15.00	202.50	15.00	67.50	-	-	27.00	264.00	12.00	126.00	12.00	30.00	30.00	16.00	56.00	420.00	105.00		
		60.00			555.00					51.00			420.00			466.00			191.00			

KPI Del 26 de feb'23 al 25 de mar'23													
EQUIPO DE TRABAJO		HORÓMETRO		TIEMPO DE MANTENIMIENTO						HORAS CONSUMIDAS	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
				TOTAL MMTO. REACTIVO		TOTAL MMTO. CORRECTIVO		TOTAL MMTO. PREVENTIVO					
		INICIAL	FINAL	PARADAS	HORAS	PARADAS	HORAS	PARADAS	HORAS				
1	EQ01	12,707.14	13,133.62	7.00	64.50	4.00	32.00	31.00	12.50	426.48	61.09	8.77	87.44%
2	EQ02	12,256.12	12,618.46	7.00	64.50	4.00	41.50	31.00	12.50	362.34	61.09	9.64	86.38%
3	EQ03	10,943.18	11,347.08	4.00	37.00	4.00	25.50	31.00	12.50	403.90	84.00	7.81	91.49%
4	EQ04	10,805.55	11,257.14	1.00	9.50	1.00	9.50	32.00	16.00	451.59	336.00	9.50	97.25%
5	EQ05	8,680.59	9,025.07	4.00	37.00	4.00	32.00	31.00	12.50	344.48	84.00	8.63	90.69%
6	EQ06	8,431.03	8,724.37	4.00	37.00	4.00	32.00	31.00	12.50	293.34	84.00	8.63	90.69%
7	EQ07	7,883.82	8,263.35	4.00	37.00	1.00	9.50	31.00	12.50	379.53	134.40	9.30	93.53%
8	EQ08	6,973.49	7,321.97	4.00	37.00	4.00	32.00	31.00	12.50	348.48	84.00	8.63	90.69%
9	EQ09	7,240.81	7,651.43	1.00	9.50	4.00	32.00	31.00	12.50	410.62	134.40	8.30	94.18%
10	EQ10	3,223.86	3,601.14	4.00	37.00	1.00	23.50	31.00	12.50	377.28	134.40	12.10	91.74%
11	EQ11	3,172.59	3,547.86	1.00	9.50	4.00	25.50	31.00	12.50	375.27	139.20	7.00	95.21%
12	EQ12	3,250.68	3,636.92	4.00	37.00	4.00	36.50	31.00	12.50	386.24	85.50	9.19	90.30%
13	EQ13	2,416.62	2,598.99	7.00	64.50	4.00	32.00	31.00	12.50	182.37	62.84	8.77	87.75%
14	EQ14	3,044.58	3,415.07	7.00	64.50	4.00	32.00	31.00	12.50	370.49	63.27	8.77	87.82%
15	EQ15	3,142.07	3,563.99	1.00	9.50	4.00	24.50	31.00	12.50	421.92	139.20	6.80	95.34%
TOTAL				60.00	555.00	51.00	420.00	466.00	191.00	5,534.33	112.49	8.79	92.75%

Fuente: Datos generados del módulo de KPI del SAP.

Figura 10.7 Datos de tiempos y KPI del mes de abr'22

RESUMEN DE TIEMPOS DE OT Del 26 de mar'23 al 25 de abr'23																					
EQUIPO DE TRABAJO		REPORTE DE MANTENIMIENTO																			
		MANTENIMIENTOS NO PROGRAMADOS										MANTENIMIENTOS PROGRAMADOS									
		MANTENIMIENTO REACTIVO (CORRECTIVO NO PROGRAMADO)										MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO					MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
ITEM	VOLQUETE	PARADAS	HORAS MECÁNICA	PARADAS	HORAS ELÉCTRICO	PARADAS	HORAS LLANTAS	PARADAS	HORAS ACCIDENTE	PARADAS	HORAS MECÁNICA	PARADAS	HORAS ELÉCTRICO	PARADAS	HORAS LLANTAS	PARADAS	HORAS ENGRASE	PARADAS	HORAS CAMBIO DE ACEITE	PARADAS	HORAS REVISIÓN E INSPECCIÓN
1	EQ01	3.00	22.50	2.00	13.00	2.00	7.00	-	-	2.00	19.00	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
2	EQ02	3.00	24.00	2.00	13.00	2.00	7.00	-	-	2.00	19.00	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
3	EQ03	2.00	21.00	1.00	6.50	1.00	3.50	-	-	1.00	9.50	-	-	-	-	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
4	EQ04	3.00	17.50	2.00	13.00	2.00	7.00	-	-	2.00	19.00	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
5	EQ05	1.00	12.50	-	-	-	-	-	-	2.00	22.00	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
6	EQ06	2.00	21.00	1.00	6.50	1.00	3.50	-	-	2.00	20.50	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
7	EQ07	2.00	18.50	1.00	6.50	1.00	3.50	-	-	1.00	15.00	-	-	-	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
8	EQ08	3.00	12.50	2.00	13.00	2.00	7.00	-	-	2.00	19.00	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
9	EQ09	2.00	16.00	1.00	6.50	1.00	3.50	-	-	1.00	10.50	-	-	-	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
10	EQ10	3.00	18.00	2.00	13.00	2.00	7.00	-	-	2.00	19.00	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
11	EQ11	2.00	21.00	1.00	6.50	1.00	3.50	-	-	2.00	18.50	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
12	EQ12	1.00	13.50	-	-	-	-	-	-	1.00	13.50	-	-	-	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75	
13	EQ13	2.00	21.00	1.00	6.50	1.00	3.50	-	-	2.00	19.00	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	2.00	7.00	31.00	7.75
14	EQ14	3.00	21.50	2.00	13.00	2.00	7.00	-	-	2.00	15.50	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
15	EQ15	1.00	10.50	-	-	-	-	-	-	2.00	19.00	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	31.00	7.75
TOTAL		33.00	271.00	18.00	117.00	18.00	63.00	-	-	26.00	258.00	11.00	49.50	11.00	27.50	30.00	30.00	16.00	56.00	465.00	116.25
		69.00			451.00					48.00			335.00			511.00			202.25		

KPI Del 26 de mar'23 al 25 de abr'23													
EQUIPO DE TRABAJO		HORÓMETRO		TIEMPO DE MANTENIMIENTO						HORAS CONSUMIDAS	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
ITEM	VOLQUETE	INICIAL	FINAL	TOTAL MMTO. REACTIVO		TOTAL MMTO. CORRECTIVO PROG.		TOTAL MMTO. PREVENTIVO					
				PARADAS	HORAS	PARADAS	HORAS	PARADAS	HORAS				
1	EQ01	13,133.62	13,575.43	7.00	42.50	4.00	26.00	34.00	13.25	441.81	67.64	6.23	91.57%
2	EQ02	12,618.46	12,999.33	7.00	44.00	4.00	26.00	34.00	13.25	380.87	67.64	6.36	91.40%
3	EQ03	11,347.08	11,658.30	4.00	31.00	1.00	9.50	34.00	13.25	311.22	148.80	8.10	94.84%
4	EQ04	11,257.14	11,669.49	7.00	37.50	4.00	26.00	34.00	13.25	412.35	67.64	5.77	92.14%
5	EQ05	9,025.07	9,430.49	1.00	12.50	4.00	29.00	34.00	13.25	405.42	148.80	8.30	94.72%
6	EQ06	8,724.37	9,026.79	4.00	31.00	4.00	27.50	34.00	13.25	302.42	93.00	7.31	92.71%
7	EQ07	8,263.35	8,635.84	4.00	28.50	1.00	15.00	34.00	13.25	372.49	148.80	8.70	94.48%
8	EQ08	7,321.97	7,702.24	7.00	32.50	4.00	26.00	34.00	13.25	380.27	67.64	5.32	92.71%
9	EQ09	7,651.43	8,059.27	4.00	26.00	1.00	10.50	34.00	13.25	407.84	148.80	7.30	95.32%
10	EQ10	3,601.14	3,993.06	7.00	38.00	4.00	26.00	34.00	13.25	391.92	67.64	5.82	92.08%
11	EQ11	3,547.86	3,940.23	4.00	31.00	4.00	25.50	34.00	13.25	392.37	93.00	7.06	92.94%
12	EQ12	3,636.92	4,037.73	1.00	13.50	1.00	13.50	34.00	13.25	400.81	372.00	13.50	96.50%
13	EQ13	2,598.99	2,878.93	4.00	31.00	4.00	26.00	35.00	16.75	279.94	93.00	7.13	92.88%
14	EQ14	3,415.07	3,805.91	7.00	41.50	4.00	22.50	34.00	13.25	390.84	67.64	5.82	92.08%
15	EQ15	3,563.99	3,988.36	1.00	10.50	4.00	26.00	34.00	13.25	424.37	150.72	7.30	95.38%
TOTAL				69.00	451.00	48.00	335.00	511.00	202.25	5,694.94	120.18	7.33	94.25%

Fuente: Datos generados del módulo de KPI del SAP.

Figura 10.8 Datos de tiempos y KPI del mes de may'22

RESUMEN DE TIEMPOS DE OT Del 26 de abr'23 al 25 de may'23																					
EQUIPO DE TRABAJO		MANTENIMIENTOS NO PROGRAMADOS										MANTENIMIENTOS PROGRAMADOS									
		MANTENIMIENTO REACTIVO (CORRECTIVO NO PROGRAMADO)										MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO					MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
ITEM	VOLQUETE	PARADAS	HORAS MECÁNICA	PARADAS	HORAS ELÉCTRICO	PARADAS	HORAS LLANTAS	PARADAS	HORAS ACCIDENTE	PARADAS	HORAS MECÁNICA	PARADAS	HORAS ELÉCTRICO	PARADAS	HORAS LLANTAS	PARADAS	HORAS ENGRASE	PARADAS	HORAS CAMBIO DE ACEITE	PARADAS	HORAS REVISIÓN E INSPECCIÓN
1	EQ01	3.00	19.50	2.00	9.00	2.00	7.00	-	-	2.00	24.00	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50
2	EQ02	2.00	18.00	1.00	4.50	1.00	3.50	-	-	1.00	9.50	-	-	-	-	2.00	2.00	2.00	7.00	30.00	7.50
3	EQ03	3.00	24.50	2.00	9.00	2.00	7.00	-	-	2.00	21.00	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50
4	EQ04	1.00	9.50	-	-	-	-	-	-	1.00	9.50	-	-	-	-	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50
5	EQ05	2.00	13.00	1.00	4.50	1.00	3.50	-	-	2.00	19.00	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50
6	EQ06	2.00	20.50	1.00	4.50	1.00	3.50	-	-	2.00	22.50	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50
7	EQ07	2.00	16.00	1.00	4.50	1.00	3.50	-	-	2.00	19.00	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50
8	EQ08	1.00	10.50	-	-	-	-	-	-	1.00	11.00	-	-	-	-	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50
9	EQ09	2.00	13.00	1.00	4.50	1.00	3.50	-	-	2.00	19.00	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50
10	EQ10	2.00	22.00	1.00	4.50	1.00	3.50	-	-	2.00	21.50	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50
11	EQ11	2.00	16.50	1.00	4.50	1.00	3.50	-	-	2.00	21.00	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50
12	EQ12	2.00	13.00	1.00	4.50	1.00	3.50	-	-	1.00	9.50	-	-	-	-	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50
13	EQ13	2.00	17.50	1.00	4.50	1.00	3.50	-	-	2.00	20.50	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50
14	EQ14	2.00	22.00	1.00	4.50	1.00	3.50	-	-	2.00	10.50	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50
15	EQ15	3.00	23.00	2.00	9.00	2.00	7.00	-	-	2.00	19.00	1.00	4.50	1.00	2.50	2.00	2.00	1.00	3.50	30.00	7.50
TOTAL		31.00	258.50	16.00	72.00	16.00	56.00	-	-	26.00	256.50	11.00	49.50	11.00	27.50	30.00	30.00	16.00	56.00	450.00	112.50
		63.00			386.50			48.00			333.50			496.00			198.50				

KPI Del 26 de abr'23 al 25 de may'23													
EQUIPO DE TRABAJO		HORÓMETRO		TIEMPO DE MANTENIMIENTO						HORAS CONSUMIDAS	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
ITEM	VOLQUETE	INICIAL	FINAL	TOTAL MMTO. REACTIVO		TOTAL MMTO. CORRECTIVO PROG.		TOTAL MMTO. PREVENTIVO					
				PARADAS	HORAS	PARADAS	HORAS	PARADAS	HORAS				
1	EQ01	13,575.43	13,996.94	7.00	35.50	4.00	31.00	33.00	13.00	421.51	65.45	6.05	91.54%
2	EQ02	12,999.33	13,391.78	4.00	26.00	1.00	9.50	34.00	16.50	392.45	144.00	7.10	95.30%
3	EQ03	11,658.30	12,044.51	7.00	40.50	4.00	28.00	33.00	13.00	386.21	65.45	6.23	91.31%
4	EQ04	11,669.49	12,122.33	1.00	9.50	1.00	9.50	33.00	13.00	452.84	360.00	9.50	97.43%
5	EQ05	9,430.49	9,845.76	4.00	21.00	4.00	26.00	33.00	13.00	415.27	90.00	5.88	93.87%
6	EQ06	9,026.79	9,412.26	4.00	28.50	4.00	29.50	33.00	13.00	385.47	90.00	7.25	92.54%
7	EQ07	8,635.84	9,008.16	4.00	24.00	4.00	26.00	33.00	13.00	372.32	90.00	6.25	93.51%
8	EQ08	7,702.24	8,082.51	1.00	10.50	1.00	11.00	33.00	13.00	380.27	360.00	10.75	97.10%
9	EQ09	8,059.27	8,466.56	4.00	21.00	4.00	26.00	33.00	13.00	407.29	90.00	5.88	93.87%
10	EQ10	3,993.06	4,384.87	4.00	30.00	4.00	28.50	33.00	13.00	391.81	90.00	7.31	92.49%
11	EQ11	3,940.23	4,333.07	4.00	24.50	4.00	28.00	33.00	13.00	392.84	90.00	6.56	93.20%
12	EQ12	4,037.73	4,439.37	4.00	21.00	1.00	9.50	33.00	13.00	401.64	144.00	6.10	95.94%
13	EQ13	2,878.93	3,158.30	4.00	25.50	4.00	27.50	33.00	13.00	279.37	90.00	6.63	93.14%
14	EQ14	3,805.91	4,196.72	4.00	30.00	4.00	17.50	33.00	13.00	390.81	91.50	5.94	93.91%
15	EQ15	3,988.36	4,412.63	7.00	39.00	4.00	26.00	33.00	13.00	424.27	66.55	5.91	91.84%
TOTAL				63.00	386.50	48.00	333.50	496.00	198.50	5,894.37	128.46	6.89	94.91%

Fuente: Datos generados del módulo de KPI del SAP.

Figura 10.9 Reporte de análisis de aceites

Reporte de Análisis

[Placeholder]
↑

Fecha de reporte: _____
 Cuenta: _____
 Cuenta Padre: _____
 Flota o Área: _____
 Equipo: _____

Normal
Precaución
Alerta

Información del componente

Componente: _____ Clase de Componente: _____	Fabricante: _____ Modelo: _____ Lubricante: _____
---	---

Datos y Resultados de la muestra	Estado del Reporte <input style="width: 80%;" type="text"/> ID de la muestra <input style="width: 80%;" type="text"/> Nivel de servicio <input style="width: 80%;" type="text"/> Identificación de la botella <input style="width: 80%;" type="text"/> Lubricante utilizado <input style="width: 80%;" type="text"/> Fecha de muestreo <input style="width: 80%;" type="text"/> Fecha de reporte <input style="width: 80%;" type="text"/> Hrs/Km de Equipo <input style="width: 80%;" type="text"/> Hrs/Km de Aceite <input style="width: 80%;" type="text"/> Volumen de Relleno <input style="width: 80%;" type="text"/> Cambio de Aceite <input style="width: 80%;" type="text"/> Cambio de Filtro <input style="width: 80%;" type="text"/> Comentarios de muestra <input style="width: 80%;" type="text"/>	
Lubricante	Clasificación de Contaminación <input style="width: 80%;" type="text"/> Clasificación de Equipo <input style="width: 80%;" type="text"/> Clasificación de Aceite <input style="width: 80%;" type="text"/> Agua (Cualitativo) <input style="width: 80%;" type="text"/> Hollín (%masa) <input style="width: 80%;" type="text"/> Hollín (Abs/0.1mm) <input style="width: 80%;" type="text"/> Indicador de Refrigerante <input style="width: 80%;" type="text"/> Índice PQ <input style="width: 80%;" type="text"/> Nitración (Abs/0.1mm) <input style="width: 80%;" type="text"/> Oxidación (Abs/0.1mm) <input style="width: 80%;" type="text"/> Sulfatación (Abs/0.1mm) <input style="width: 80%;" type="text"/> TBN (mgKOH/g) 4 <input style="width: 80%;" type="text"/> Viscosidad a 100°C (cSt) <input style="width: 80%;" type="text"/>	
Desgaste (ppm)	Ag (Plata) <input style="width: 80%;" type="text"/> Al (Aluminio) <input style="width: 80%;" type="text"/> Cd (Cadmio) <input style="width: 80%;" type="text"/> Cr (Cromo) <input style="width: 80%;" type="text"/> Cu (Cobre) <input style="width: 80%;" type="text"/> Fe (Hierro) <input style="width: 80%;" type="text"/> Mo (Molibdeno) <input style="width: 80%;" type="text"/> Ni (Níquel) <input style="width: 80%;" type="text"/> Pb (Plomo) <input style="width: 80%;" type="text"/> Sn (Estaño) <input style="width: 80%;" type="text"/> Ti (Titanio) <input style="width: 80%;" type="text"/>	
Contaminantes (ppm)	K (Potasio) <input style="width: 80%;" type="text"/> Mn (Manganeso) <input style="width: 80%;" type="text"/> Na (Sodio) <input style="width: 80%;" type="text"/> Si (Silicio) <input style="width: 80%;" type="text"/> V (Vanadio) <input style="width: 80%;" type="text"/>	
Aditivos (ppm)	B (Boro) <input style="width: 80%;" type="text"/> Ba (Bario) <input style="width: 80%;" type="text"/> Ca (Calcio) <input style="width: 80%;" type="text"/> Mg (Magnesio) <input style="width: 80%;" type="text"/> P (Fósforo) <input style="width: 80%;" type="text"/> Zn (Zinc) <input style="width: 80%;" type="text"/>	

Recomendación y Comentarios

Fuente: Módulo de la web del laboratorio del fabricante.