



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de tractores sobre orugas Komatsu modelo D375A-5 en una operación minera, 2024

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTORES:

García Sánchez, Williams Raul (orcid.org/0009-0001-7810-1501)

Huatay Gutiérrez, William Junior (orcid.org/0009-0003-3044-8666)

ASESOR:

Mgr. Javez Valladares, Santos Santiago (orcid.org/0000-0002-6790-5774)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico empleo y emprendimiento.

TRUJILLO – PERÚ

2024

Declaratoria de autenticidad del asesor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, JAVEZ VALLADARES SANTOS SANTIAGO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO - TRUJILLO, asesor de la tesis, titulada: "Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de tractores sobre orugas Komatsu modelo D375A-5 en una operación minera, 2024" de los autores GARCIA SANCHEZ WILLIAMS RAUL y HUATAY GUTIERREZ WILLIAM JUNIOR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17,00 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 4 de Diciembre del 2024

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
JAVEZ VALLADARES SANTOS SANTIAGO DNI: 18878980 ORCID: 0000-0002-6790-5774	

Declaratoria de originalidad de los autores



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, GARCIA SANCHEZ WILLIAMS RAUL, HUATAY GUTIERREZ WILLIAM JUNIOR estudiantes de la de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de tractores sobre orugas Komatsu modelo D375A-5 en una operación minera, 2024", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
GARCIA SANCHEZ WILLIAMS RAUL DNI: 19700995 ORCID: 0009-0001-7810-1501	Firmado electrónicamente por: WGARCIAR el 05-12- 2024 15:29:03
HUATAY GUTIERREZ WILLIAM JUNIOR DNI: 42801686 ORCID: 0009-0003-3044-8666	Firmado electrónicamente por: WJHUATAYG el 05-12- 2024 15:26:47

Código documento Trilce: INV - 1888177

Dedicatoria

A Dios, en primer lugar, por brindarme sus bendiciones en mi vida diaria, por darme fuerzas para seguir adelante y encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres, que son los pilares y ejemplo en mi vida; por su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles.

A mi esposa, quien me da aliento para lograr mis proyectos; a mis hijos quien son el motor y el orgullo de mi vida para perseverar y no rendirme en nada.

Huatay Gutierrez, William Junior

A Dios por iluminar mi camino y brindarme la fuerza y sabiduría necesaria para concluir ésta etapa de mi vida.

A mis padres Francisco y Marina, porque ellos han dado razón a mi vida. Por sus consejos y apoyo incondicional, todo lo que hoy soy, es gracias a ellos.

A Lucía, mi esposa, por su impulso, paciencia y comprensión, que me ha brindado a lo largo de éste viaje académico,. Éste logro es nuestro memis.

Garcia Sanchez, Williams Raúl

Agradecimiento

A Dios, por habernos dado salud y fortaleza para salir adelante y culminar nuestros estudios.

A la Universidad Particular César Vallejo y en especial a la Facultad de Ingeniería por darme la oportunidad de ser un profesional que contribuya al engrandecimiento de nuestra nación.

Un agradecimiento muy especial a mi profesor del curso el Ing. Mg Juan Pedro Santos Fernández, un excelente profesional y por su tiempo en la orientación del desarrollo del presente trabajo de investigación.

A la empresa minera quienes nos brindaron todo el apoyo para hacer posible la realización de este proyecto.

Al Ing. Alejandro Medina, por brindarnos su apoyo incondicional, conocimiento, experiencia y orientación para poder desarrollar el presente proyecto.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor	ii
Declaratoria de originalidad de los autores	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA	22
III. RESULTADOS.....	25
IV. DISCUSIÓN	55
V. CONCLUSIONES	57
VI. RECOMENDACIONES.....	59
REFERENCIAS.....	60
ANEXOS	63

Índice de tablas

Tabla 1: Demora Mecánica enero 2024.....	25
Tabla 2: Disponibilidad Total de la Flota de Tractores en el mes Enero 2024	26
Tabla 3: Disponibilidad mes a mes Ene. 2023 a Dic. 2024.....	26
Tabla 4: MTBF año 2023 - 2024.....	29
Tabla 5: MTTR año 2023 – 2024.....	30
Tabla 6: Fallas más recurrentes en los periodos enero 2023 a diciembre 2024..	32
Tabla 7: Programación de competencias técnicas	34
Tabla 8: IPC Inicial del Sistema Moto Diesel	36
Tabla 9: IPC Inicial de Elementos de Desgaste.....	38
Tabla 10: IPC Inicial del Sistema de Carrilería	40
Tabla 11: Mantenimiento programado de Tractores D375A-5 marca Komatsu ...	42
Tabla 12: Mejora Propuesta para los Tres Sistemas con Fallas más Recurrentes - Tractores D375A-5 marca Komatsu	43
Tabla 13: Mejora Propuesta PM Clinic - MOTOR - Tractor D375A-5 marca Komatsu	44
Tabla 14: Mejora Propuesta PM Clinic – COVERTIDOR DE TORQUE - Tractor D375A-5 marca Komatsu	45
Tabla 15: Mejora Propuesta PM Clinic - TRANSMISIÓN - Tractor D375A-5 marca Komatsu	45
Tabla 16: Mejora Propuesta PM Clinic – SISTEMA DE FRENOS Y EMBRAGUES DE DIRECCIÓN - Tractor D375A-5 marca Komatsu.....	46
Tabla 17: Plan de Mantenimiento Programado Anual	46
Tabla 18: IPC Final del Sistema Motor Diesel	47
Tabla 19: IPC Final de Elementos de Desgaste	48
Tabla 20: IPC Final del Sistema de Carrilería.....	50
Tabla 21: Alfa de Cronbach Inicial	52
Tabla 22: Alfa de Cronbach Final	52
Tabla 23: Comparativa de Índice de Percepción del Cliente	53
Tabla 24: Comparativa de Índice de Percepción del Cliente %	53

Índice de figuras

Figura 1: Disponibilidad Física Mensual Flota Komatsu D375A-5 enero 2023 a diciembre 2024.....	27
Figura 2: Disponibilidad Física Anual Flota Komatsu D375A-5 (2023 y 2024)	28
Figura 3: MTBF Flota Komatsu D375A-5 enero 2023 – diciembre 2024.....	30
Figura 4: MTTR Flota Komatsu D375A-5 enero 2023 – diciembre 2024.....	31
Figura 5: Fallas recurrentes de la Flota Komatsu D375A-5 enero 2023 – diciembre 2024	33

Resumen

Esta investigación aplicada tiene como propósito principal proponer un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad operativa de una flota de tractores sobre orugas Komatsu modelo D375A-5 en una operación minera del departamento de La Libertad. Para abordar el problema, se analizó una muestra de seis tractores y se aplicó un índice de percepción del cliente a cinco empleados mediante una encuesta de 15 preguntas, con una confiabilidad inicial (α de Cronbach) de 78.32%. El análisis incluyó tres sistemas críticos: motor diésel, elementos de desgaste y sistema de carrilería, alcanzando niveles de mantenimiento del 50.40%, 48.00% y 49.60%, respectivamente, lo que evidenció un proceso crítico en la gestión de mantenimiento. Tras implementar el plan propuesto, la satisfacción del cliente interno mejoró significativamente, con un índice de percepción promedio final de 65.33%.

Esta investigación concluye que el plan de mantenimiento optimiza las operaciones al incrementar la disponibilidad y eficiencia de la flota, contribuyendo a cumplir con los programas productivos de manera continua. Se alinea con el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura), al promover una gestión más eficiente de los equipos industriales, mejorando la sostenibilidad operativa y la productividad en el sector minero.

Palabras clave: Plan de Mantenimiento, disponibilidad, producción.

Abstract

This applied research has the main purpose of proposing a maintenance plan to increase the operational availability of a fleet of Komatsu D375A-5 crawler tractors in a mining operation in the La Libertad department. To address the problem, a sample of six tractors was analyzed and a customer perception index was applied to five employees through a 15-question survey, with an initial reliability (Cronbach's α) of 78.32%.

The analysis included three critical systems: diesel engine, wear elements, and rail system, achieving maintenance levels of 50.40%, 48.00%, and 49.60%, respectively, which evidenced a critical process in maintenance management. After implementing the proposed plan, internal customer satisfaction improved significantly, with a final average perception index of 65.33%.

This research concludes that the maintenance plan optimizes operations by increasing fleet availability and efficiency, contributing to the continuous fulfillment of production programs. It aligns with SDG 9 (Industry, Innovation, and Infrastructure) by promoting more efficient management of industrial equipment, improving operational sustainability and productivity in the mining sector.

Keywords: Maintenance plan, availability, production.

I. INTRODUCCIÓN

Las prácticas de mantenimiento en una organización están influenciadas por diversos factores, siendo primordial la presión de la dirección para garantizar la máxima disponibilidad de los equipos productivos, buscando minimizar los costos asociados.

Actualmente, el avance acelerado del conocimiento, impulsado por las tecnologías de la información, y los efectos de la globalización desafían especialmente a las pequeñas empresas, que enfrentan dificultades para competir con grandes corporaciones. Esto exige a las organizaciones adaptarse a los cambios, mantenerse actualizadas y adoptar técnicas avanzadas que les permitan mejorar su competitividad.

En el sector minero, la rentabilidad depende de que cada maquinaria alcance su capacidad operativa máxima durante el mayor tiempo posible. Por ello, los enfoques de mantenimiento deben priorizar la optimización de la disponibilidad y productividad de los equipos, manteniendo bajos los costos operativos.

En los talleres de mantenimiento de maquinaria pesada de una operación minera, se diseñó un Plan de Mantenimiento Preventivo para tractores sobre orugas Komatsu modelo D375A-5, enfocado en garantizar su máxima productividad. El estudio inicial diagnosticó deficiencias en el plan actual, identificó fallas recurrentes y evaluó la baja disponibilidad de los equipos. La propuesta busca implementar un plan mejorado para optimizar la disponibilidad, maximizar la productividad y garantizar la sostenibilidad operativa, alineándose con el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura).

Este estudio de investigación se fundamenta en los estudios llevados a cabo por:

(Rodríguez Soles, 2018) en su tesis “Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo para la Máquina Excavadora en la Empresa CIESA SAC de la ciudad de Trujillo” realizó un análisis de Pareto a las máquinas más importantes de la empresa CIESA (excavadora, volquetes, rodillos, motoniveladoras) para determinar a qué máquina debería concentrar el plan de mantenimiento preventivo, dando como resultado que

la máquina más crítica fue la excavadora CAT 325C, realizó un análisis de criticidad a los diferentes sistemas de fallas donde se obtuvo que las uñas de implementos era la falla más crítica; elaboró un plan de mantenimiento preventivo y predictivo según las fallas semi críticas y críticas, recopilando las recomendaciones de los fabricantes, la experiencia de los técnicos y responsables del mantenimiento, monitoreando estos implementos trimestralmente y de acuerdo a ello determinar el tiempo que se debe aplicar tintes penetrantes a las uñas de implementos.

(López Orozco, 2019), en su disertación denominada "Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo en Maquinaria para el Uso de Construcción de Carreteras en la Empresa CODIPA S.A, Guatemala", se llegó a la conclusión de que la implementación del programa de mantenimiento facilitó a la empresa Codipa, S.A. la reducción de costos mediante la optimización de la distribución de los recursos humanos, físicos y financieros. Además, la implementación de métodos de control para la administración de las tareas de mantenimiento facilitó la gestión de la información requerida para el Departamento de Mantenimiento.

(Lee Medina, 2011) En su tesis "Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo asistido por Técnicas Predictivas en Equipos Críticos del Sector de Molienda en Empresas Cementeras con vista al aumento de su Fiabilidad Operacional, Lima" concluye que se puede precisar mediante el análisis de la ruta crítica los equipos a ser atendidos por el mantenimiento preventivo con base en técnicas de mantenimiento predictivo. Se determinaron los parámetros a evaluar en el mantenimiento preventivo, subrayando la mejora en la fiabilidad operativa, que se incrementó del 98% al 99.95%, y la reducción de los costos vinculados a interrupciones imprevistas, resultando en un ahorro mensual de \$12,000. Además, se establecieron las técnicas predictivas a implementar, que abarcan el examen de vibraciones en motores eléctricos y reductores de velocidad, el análisis de aceites y el seguimiento de la distribución de temperatura en equipos en funcionamiento. Además, se identificaron los dispositivos indispensables para la optimización del mantenimiento predictivo, tales como el sistema de balanceo dinámico de rotores y el alineamiento láser de maquinaria mecánica con dirección eléctrica.. Se establecieron los indicadores de mantenimiento para el sector de Molienda, de

acuerdo a estándares internacionales y sus formatos de evaluación, control, los cuales serán tratados con asistencia informáticos.

(Maldonado Villavisencio, y otros, 2022), en su disertación denominada "Propuesta de un Plan de Mantenimiento para Maquinaria Pesada de la Empresa Minera DYNASTY Mining del Cantón Porto Velo", Ecuador, se llegó a la conclusión de que disponer de un inventario actualizado de la maquinaria pesada constituye un pilar fundamental para la implementación de un plan de mantenimiento. Este documento ofrece acceso inmediato a datos cruciales sobre cada maquinaria, tales como su tipo, modelo y código. Adicionalmente, la propuesta de instaurar un departamento de mecanizado resulta ventajosa, dado que facilita la ejecución de procedimientos de reparación y manufactura de componentes directamente en el taller de la organización, lo que disminuye los periodos de inactividad y los gastos asociados al mantenimiento. El nuevo esquema organizacional del personal de mantenimiento tiene como objetivo optimizar la distribución del equipo humano, mientras que el programa de mantenimiento propuesto se presenta como un instrumento esencial que, bajo su estricto cumplimiento, garantiza la operación continua de las máquinas y la maximización de su vida útil.

El presente trabajo de investigación se justifica por su gran utilidad para el sector minero, en este caso para la empresa minera, porque permitirá evaluar la eficacia del Plan de Mantenimiento Preventivo en el incremento de la disponibilidad de los Tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5, para obtener la máxima disponibilidad de los equipos de producción al menor costo posible de mantenimiento.

Para la universidad, porque le permite contar con referencias bibliográficas consistente y oportuna que servirán como fuente de información para las futuras investigaciones que tengan características similares a nuestro estudio.

Para los alumnos de Ingeniería Industrial, esta metodología es invaluable dado que facilita la transposición de los conocimientos teóricos adquiridos en el aula a contextos prácticos, a través de una investigación meticulosa y minuciosa. Esto no solo robustece su desarrollo profesional holístico, sino que también les facilita la

gestión y resolución de múltiples desafíos en el contexto laboral, especialmente en el campo del mantenimiento.

Desde una perspectiva teórica, el presente estudio se basa en las variables y dimensiones examinadas. Un factor primordial es el Plan de Mantenimiento Preventivo. De acuerdo con Francisco (2021), el término "mantenimiento" alude a las metodologías implementadas para asegurar la utilización continua y eficaz de equipos, maquinaria, infraestructuras y servicios. Desde una perspectiva histórica, durante la Revolución Industrial, el mantenimiento se caracterizaba por ser correctivo, centrando sus esfuerzos en las reparaciones inmediatas ante fallos. Los incidentes vinculados con las primeras calderas, en conjunción con las demandas de las aseguradoras, propiciaron el surgimiento de talleres mecánicos. En 1925, en el sector industrial de Estados Unidos, emergió la necesidad de estructurar el mantenimiento con bases científicas, introduciendo el concepto de mantenimiento preventivo para efectuar reparaciones antes de que se produjeran daños o fallos, lo que preveniría interrupciones en los procesos de producción.

La evolución de industrias como la electrónica, espacial y aeronáutica durante la década de 1960 propició el surgimiento del mantenimiento predictivo, que fundamenta las intervenciones en el estado actual de los equipos en lugar del tiempo transcurrido. Esta metodología integra parámetros relacionados con la confiabilidad y la condición efectiva del sistema. Actualmente, el mantenimiento se halla en su cuarta generación, atribuible a progresos tecnológicos como la introducción de dispositivos electrónicos de alta fiabilidad para la inspección y control. Estos mecanismos posibilitan el seguimiento del estado de los equipos a través de la medición periódica o continua de parámetros tales como vibraciones, temperaturas, ruidos, análisis fisicoquímicos, ultrasonidos, y otros procedimientos avanzados como la tecnografía y la endoscopia. Adicionalmente, la incorporación de sistemas informáticos promueve la acumulación de conocimientos empíricos y el análisis de datos, conduciendo al mantenimiento hacia un modelo de Mantenimiento Productivo Total. En el futuro, se anticipa una evolución hacia la implementación de sistemas especializados e inteligencia artificial, lo que abre nuevas oportunidades en el diagnóstico de fallos y la ejecución de tareas de mantenimiento bajo condiciones complejas.

Conforme a Gonzales Fernández (2023), desde 1930, la evolución del mantenimiento ha atravesado tres generaciones. El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC, por sus siglas en inglés) ha demostrado ser una herramienta fundamental para la tercera generación. Las expectativas y las innovadoras técnicas de mantenimiento se dividen en tres fases: la primera, la segunda y la tercera generación. La Primera Generación (1945) se enfoca en la reparación de fallos, mientras que la Segunda Generación (1945 - 1980) se enfoca en la implementación de revisiones cíclicas, la implementación de sistemas para la planificación y control laboral y la informatización. Los objetivos de esta generación incluyen la mejora de la disponibilidad de la planta, la prolongación de la vida útil de los equipos, la mejora de la calidad de los productos y servicios, la preservación del medio ambiente, la prolongación de la vida útil de los equipos, la contención y reducción de costos. La evolución del mantenimiento se puede observar en el anexo N° 01.

De acuerdo con García Garrido (2023), se conceptualiza el mantenimiento como el compendio de técnicas dirigidas a la conservación de equipos e instalaciones en funcionamiento durante el periodo más extenso posible, con el propósito de maximizar la disponibilidad y rendimiento con la finalidad de optimizar la producción corporativa.

La importancia del mantenimiento se incrementa debido a la presión competitiva para minimizar los costos, la proliferación de técnicas innovadoras y la necesidad de formular estrategias específicas en los distintos departamentos. Elementos tales como la calidad, la seguridad y la interacción con el medio ambiente han adquirido una relevancia significativa en la administración industrial. Por consiguiente, sin importar la metodología implementada, el mantenimiento debe centrarse en tres metas fundamentales: reducir los periodos de inoperatividad de las máquinas, prolongar la vida útil de equipos e instalaciones, y prevenir incidentes para asegurar la seguridad de los individuos.

Diego (2016) resalta las siguientes funciones esenciales del mantenimiento: Empleo técnico: Realizada por expertos en ingeniería de mantenimiento, encargados de abordar problemas técnicos, establecer metodologías de trabajo, examinar

contratos y supervisar los costos y recursos requeridos, planificación y supervisión: Involucra la planificación, estimación, programación y supervisión de las tareas de mantenimiento, teniendo en cuenta recursos tales como personal, materiales, espacio y tiempo disponibles y la implementación: Se centra en llevar a cabo tanto las tareas planificadas como las de emergencia, garantizando la adecuada distribución de materiales y equipos, la observancia de protocolos de seguridad y el control apropiado de las actividades cotidianas. Estas actividades, bajo supervisión directa, suelen efectuarse en talleres, lo que minimiza la necesidad de trasladar al personal.

Además, se distinguen las tareas conocidas como funciones de apoyo al mantenimiento, fundamentales para la adecuada realización de las tareas. Estas funciones comprenden: asistencia técnica, responsabilidad del personal de ingeniería de planta, encargado del diseño de nuevas instalaciones de producción o servicio; asistencia logística, que garantiza la administración de materiales a través de su codificación, especificación, almacenamiento y distribución; y asistencia administrativa, responsable de la administración de contratos, presupuestos, gestión del personal, servicios legales, atención médica, entre otros.

En relación con las categorías de mantenimiento, Vallhonrat Bou (2018) destaca: Mantenimiento Correctivo o Reactivo, que engloba acciones orientadas a la rectificación de defectos en los equipos. Se lleva a cabo una vez que la maquinaria presenta una falla, y durante un período prolongado constituyó la función primordial del departamento de mantenimiento. Su eficacia se encuentra condicionada por la celeridad con la que se llevan a cabo las reparaciones y se reanudan las operaciones. Se define una avería como "cualquier suceso en una instalación que provoque una disminución en el nivel de producción, calidad, seguridad o que intensifique la degradación ambiental". Sus beneficios incluyen la optimización de la vida útil de los componentes, eliminando la necesidad de interrupciones planificadas frecuentemente. No obstante, sus limitaciones comprenden la aparición inesperada de fallos, interrupciones inesperadas, una reducción en la durabilidad y disponibilidad de las máquinas, y potenciales amenazas para la seguridad y el medio ambiente.

De acuerdo con Kjell (2015), el Mantenimiento Preventivo (PM) se define como la planificación, programación y ejecución sistemática de acciones orientadas a asegurar la disponibilidad óptima de equipos e instalaciones, prolongando su vida útil y minimizando los costos a lo largo de su ciclo vital. Este tipo de mantenimiento implica intervenciones programadas de manera periódica con el objetivo de minimizar fallos inesperados, tales como limpieza, ajustes, reaprietes, lubricación, sustituciones conforme a la vida útil especificada por el fabricante, y reparaciones planificadas. Sus ventajas comprenden una prolongada duración de vida útil de las máquinas, un incremento en la eficiencia y calidad laboral, un aumento en la disponibilidad, una mayor seguridad operacional y una protección del medio ambiente. No obstante, sus restricciones comprenden el gasto vinculado a la planificación preventiva y el eventual deterioro innecesario derivado de desarmes frecuentes que podrían haberse evitado, además del reemplazo de componentes antes de alcanzar su capacidad operativa.

De acuerdo con Kjell (2015), el Mantenimiento Predictivo se fundamenta en la utilización de instrumentos que potencian los sentidos de visión, audición y tacto para prever cuándo y qué componente de una máquina presentará fallas. El Ingeniero Industrial elabora un programa de mantenimiento predictivo (PM) con el objetivo de evaluar la condición de los equipos durante su funcionamiento, con el propósito de establecer intervalos de reparación idóneos y prevenir interrupciones imprevistas y costosas. De acuerdo con Diego (2016), el mantenimiento predictivo se define como una modalidad de mantenimiento planificado y programado que se fundamenta en el análisis técnico, programas de inspección y reparación de maquinaria. El propósito es identificar fallos potenciales antes de su aparición, durante el funcionamiento del sistema. Las inspecciones pueden clasificarse en dos categorías: monitoreo discreto, en el que las inspecciones se ejecutan de manera periódica de manera programada, y monitoreo continuo, que se realiza de manera constante mediante dispositivos instalados en las máquinas.

De acuerdo con Nieto Vilardell (2013), el Mantenimiento Productivo Total (TPM) implica la implicación activa de todo el personal en las tareas de mantenimiento. Por ejemplo, los operadores de maquinaria pueden llevar a cabo tareas de prevención y limpieza, mientras que el personal especializado asume la

responsabilidad de las tareas de mayor complejidad. Originario de Japón, el TPM ha experimentado una rápida expansión global debido a su eficacia. Adicionalmente, promueve la implicación del personal con las máquinas, dado que se sienten responsables de su operatividad. Este sistema, en conjunción con otras metodologías de mantenimiento, produce resultados sobresalientes. Se centra en la participación de todos los miembros de la organización, no únicamente los encargados de mantenimiento, en la implementación de un programa preventivo, con la finalidad de optimizar la eficacia de los activos. Esta metodología distribuye las responsabilidades de mantenimiento a grupos reducidos, bajo una dirección motivacional.

De acuerdo con Ávila (2022), los Indicadores de Mantenimiento son parámetros numéricos que, si se emplean de manera apropiada, proporcionan oportunidades para la mejora continua en la implementación de métodos y técnicas específicas de mantenimiento. Estos indicadores se utilizan para contrastar los resultados con los valores de referencia, lo cual facilita la implementación de acciones correctivas, modificativas o predictivas conforme corresponda. Arata Andreani (2009), por otro lado, caracteriza estos indicadores como aquellos que, mediante la interrelación de dos ratios o valores, ofrecen una perspectiva complementaria que evalúa diversos aspectos de la administración de mantenimiento.

Las principales métricas técnicas y científicas empleadas en el análisis de mantenimiento son la fiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad, fundamentadas en cálculos matemáticos, estadísticos y probabilísticos. De acuerdo con González Fernández (2023), se conceptualiza la fiabilidad como la probabilidad de que un equipo pueda desempeñar su función sin fallos durante un periodo de tiempo específico, bajo condiciones operativas específicas, tales como temperatura, presión, velocidad o vibración. Esta se simboliza comúnmente con la letra "R" (de reliabilidad) y también es conocida como "calidad temporal". Una métrica de confiabilidad es el MTBF (Mean Time Between Failures o Tiempo Medio Entre Fallos), que señala el periodo medio durante el cual un equipo puede funcionar sin interrupciones dentro de un periodo específico.

Alternativamente, el término mantenibilidad alude a la posibilidad de que un equipo que ha experimentado una falla pueda ser reparado en un periodo específico, empleando los recursos apropiados. Toro Osorio y Céspedes Gutiérrez definen la mantenibilidad como la posibilidad de reparación de un equipo defectuoso en un período de tiempo específico. El MTTR (Mean Time to Repair o Tiempo Medio de Reparación) es un indicador de la mantenibilidad. De acuerdo con Muñoz Abella (2021), la mantenibilidad se define también como la habilidad de un equipo para retornar a su funcionamiento operativo cuando se realiza la tarea de mantenimiento requerida. La mantenibilidad se cuantifica como el periodo necesario para llevar a cabo esta tarea, teniendo en cuenta los recursos disponibles. La realización de estas tareas requiere la intervención de tres elementos determinantes: personales (competencia, experiencia, motivación, capacidad física), condicionales (factores del entorno operativo y las repercusiones del fallo en la condición física del equipo) y ambientales (temperatura, humedad, iluminación, ruido, entre otros).

De acuerdo con Altmann (2010), la disponibilidad se define como el porcentaje de tiempo en el que un sistema o equipo se encuentra operativo y disponible para la producción. El período de ausencia de servicio (indisponibilidad) engloba todas las interrupciones debido a tareas de mantenimiento preventivo o correctivo, desde el momento en que el equipo queda fuera de funcionamiento hasta su reinicio. Muñoz Abella (2021) la conceptualiza como la probabilidad de funcionamiento de un sistema cuando se necesita. Para garantizar la disponibilidad inmediata de un sistema, debe estar exento de fallos o, en caso de que existan, deberían ser reparados en un periodo inferior al máximo permitido para su mantenimiento.

Tanto la fiabilidad como la mantenibilidad son elementos cruciales para garantizar la disponibilidad de un producto durante un periodo de uso específico, también denominado "calidad de funcionamiento". Esta se encuentra condicionada por la fiabilidad y el mantenimiento del equipo.

Finalmente, según Tirado Sergio (2019), un mantenimiento inadecuado se distingue por interrupciones de producción frecuentes atribuibles a fallos repetitivos o irreparables de los equipos, incidentes ocasionados por negligencia operativa o reparaciones incorrectamente ejecutadas, y un deterioro acelerado de los equipos

debido a una insuficiente lubricación o mantenimiento preventivo. Esta modalidad de mantenimiento conlleva costos significativos de reparación o sustitución, tareas suplementarias atribuibles a la calidad deficiente de las reparaciones, la falta de conocimiento sobre los equipos y sus propiedades, y la falta de programas de mantenimiento preventivo. Las repercusiones de un mantenimiento inadecuado comprenden una disminución en la fiabilidad y vida útil de los equipos, elevados gastos de mantenimiento, reducidos grados de seguridad, una disminución en el rendimiento del personal y, en términos generales, una reducción en la productividad.

Un mantenimiento adecuado implica costos elevados, pero trae consigo significativos beneficios: asegura el cumplimiento y la mejora de las metas de producción de la planta al garantizar una mayor disponibilidad operativa de los equipos; reduce considerablemente las fallas de los equipos y los costos asociados, al disminuir las intervenciones de emergencia o los accidentes ocasionados por fallas graves; optimiza el uso del tiempo y los materiales, además de mejorar la calidad tanto de los trabajos de mantenimiento como de los productos, lo que se traduce en menores costos anuales y mayores ahorros, especialmente cuando los repuestos son importados; disminuye los accidentes y riesgos para el personal y la planta; extiende la vida útil de los equipos, reduciendo los gastos por reemplazo; mejora la capacitación del personal, aumentando su capacidad técnica y promoviendo un ambiente de trabajo más ordenado, limpio y seguro; aumenta la disponibilidad de herramientas adecuadas, que son seleccionadas por personal técnico y cuidadas adecuadamente. Adicionalmente, los empleados manipulan estas herramientas con un nivel de experticia y seguridad elevado, lo que optimiza la preservación de estas. El personal, por otro lado, experimenta un incremento en la satisfacción y productividad, lo cual favorece la generación de productos de superior calidad a costos reducidos.

De acuerdo con Diego (2016), el plan de mantenimiento se caracteriza como el compendio de acciones planificadas y llevadas a cabo con el objetivo de preservar la funcionalidad de un activo, estableciendo una periodicidad para su ejecución y designando al personal encargado. Se pueden identificar dos enfoques principales: el plan estratégico, que representa un plan corporativo o divisional que consolida

las instalaciones y/o equipos que serán sometidos a mantenimientos mayores durante un periodo específico, y que establece el grado de inversión y recursos requeridos para su implementación, y el plan operativo, que define todos los parámetros sobre la ejecución de las tareas, vinculando estos con metas concretas, cuantificables y alcanzables que las divisiones, departamentos, equipos y individuos deben alcanzar en el corto plazo. Los planes operativos funcionan como instrumentos para la implementación inmediata de las metas de las acciones que constituyen los planes estratégicos, aunque de manera autónoma no aseguran la efectividad de su implementación.

Las características primordiales de un plan de mantenimiento deben ser la sencillez, facilitando a la persona responsable la comprensión de las tareas a ejecutar, y la especificación de los instrumentos requeridos para la ejecución del mantenimiento, lo que minimiza las pérdidas de tiempo. Respecto a la evaluación de la criticidad, García Garrido (2003) destaca que no todos los equipos poseen la misma importancia en una instalación industrial. Determinados equipos poseen una importancia más significativa que otros, por lo que, considerando la limitada disponibilidad de los recursos empresariales, resulta esencial asignarle la mayor proporción de estos recursos a los equipos de mayor relevancia, reservando una fracción menor para aquellos equipos que ejercen un impacto menor en los resultados corporativos. La distinción entre los equipos que ejercen una influencia significativa en los resultados en comparación con aquellos que no la ejercen se lleva a cabo mediante el análisis de la criticidad de los equipos en la planta.

La formulación de un plan de mantenimiento preventivo requiere, de acuerdo con Tirado Sergio (2019), la realización previa de determinadas tareas técnico-administrativas vinculadas a las siguientes interrogantes: ¿Cuáles son los equipos que requieren un mantenimiento constante? ¿Cuál es su estado actual? ¿Cuáles son las tareas de mantenimiento requeridas? Posterior a la respuesta a estas interrogantes, se deben seguir las siguientes etapas: Elaborar y mantener actualizado un inventario técnico. Se realizará una verificación del estado operativo de los equipos y, si resulta necesario, su actualización, mediante la implementación de rutinas y frecuencias de mantenimiento. Cuando sea factible, se debe recurrir a los manuales de los equipos o, en caso contrario, a personal con experiencia para

elaborar manuales, formularios o listas de verificación periódica para la supervisión y control de cada equipo o sistema. Es imperativo supervisar y monitorear aspectos tales como: los costos y reparaciones de emergencia, el tiempo de inactividad atribuible a fallos, el desecho de materias primas, las modificaciones realizadas en los equipos o sistemas, la seguridad del personal implicado y los costos de mano de obra indirecta. La distribución de las tareas de mantenimiento se realizará en intervalos anuales, para posteriormente segmentarlas en períodos más breves: trimestrales, mensuales, semanales y diarios. Es imperativo llevar a cabo un monitoreo meticuloso del programa para garantizar su continuidad, una tarea que debería recaer en los estratos superiores de la organización. El anexo N° 08 proporciona un ejemplo de Plan de Manejo.

Con respecto a la disponibilidad del tractor sobre orugas modelo D375A de Komatsu, se hace referencia a uno de los dispositivos manufacturados por Komatsu, una corporación japonesa con sede central en Tokio. Komatsu, el segundo mayor productor global de maquinaria minera y de construcción, se denomina de la ciudad japonesa de Komatsu. La empresa genera más del 70% de sus ingresos a través de la comercialización de maquinaria destinada a los sectores minero y de construcción. En la actualidad, Masahiro Sakane ocupa la posición de presidente y director ejecutivo (CEO) de la corporación, la cual dispone de una plantilla laboral de 33,863 trabajadores y opera fábricas y centros de ventas en una variedad de naciones, incluyendo Estados Unidos, Canadá, México, Brasil, Inglaterra, Alemania, Italia, Indonesia, China, Tailandia, India y Taiwán. Se presenta a continuación una enumeración de los equipos fabricados por Komatsu:

Los equipos manufacturados comprenden cargadoras, retroexcavadoras, excavadoras compactas, tractores sobre orugas, montacargas, excavadoras hidráulicas, motores de combustión interna, motoniveladoras, palas cargadoras, minicargadores, taladores de cadenas, cosechadoras de cadenas y vehículos de transporte terrestre.

Se realizará un análisis de las características del tractor sobre orugas modelo D375 A, de la marca KOMATSU. Este aparato se caracteriza por su eficiencia y versatilidad, transformando la energía mecánica generada por el motor en energía

de tracción. Este equipo se emplea en diversas áreas, incluyendo la construcción, la minería, proyectos de caminos y accesos, y también tiene aplicaciones en el sector militar. Los tractores Komatsu se categorizan en función de su sistema de rodamiento: Los tractores sobre neumáticos se caracterizan por ser vehículos enllantados de cuatro ruedas que proporcionan una mayor estabilidad, permitiendo así el tránsito por rutas más accidentadas y el desarrollo de una mayor velocidad, el recorrido de una distancia más extensa, la escasez de tracción y la ventaja de que pueden ser desconectados de la unidad de remolque para su utilización en otros propósitos. Examinar el anexo N° 09, referente al Tractor Sobre Neumático.

Los tractores sobre orugas, también denominados dozer, poseen una cadena ininterrumpida que se desplaza en un plano horizontal mediante rodillos fijos. Estos dispositivos, en su parte frontal, se emplean para impulsar, limpiar, cortar y nivelar o espaciar material, mientras que en su parte posterior se encuentra un ripper destinado al corte o desgarrado. Para cumplir con su objetivo, tal como una unidad que opera con la barra de tiro, su centro de gravedad es considerablemente bajo. Esta es una condición necesaria para que sea una máquina eficaz. Para una utilización óptima, es imperativo que opere a favor de la fuerza de gravedad, es decir, en dirección descendente del terreno.

Por su potencia en el volante: Esta depende del fabricante la cual varía dependiendo de cada uno de los modelos de los mismos. Al considerar la potencia efectiva no hay que confundirse con la potencia del motor, puesto que la potencia con la que se puede disponer es la potencia de la barra, la diferencia entre ellas son pérdidas de accionamiento mecánicos intermedios. Ver anexo N° 10 Tractor Sobre Orugas Modelo D375A-5.

Los componentes fundamentales que constituyen los tractores sobre Orugas incluyen: MOTOR se encarga de suministrar la potencia necesaria para el funcionamiento de la máquina. CHASIS de alta resistencia sobre el que se encuentra montado el motor diésel equipado con turbocargadores, vinculado a un convertidor de par-torsión. TRANSMISIÓN, de naturaleza planetaria. Sistema de Ejes. Estos representan los mandos finales. La HOJA EMPUJADORA se distingue por ser una estructura maciza con una plataforma y un apoyo de configuración

rectangular. La arista frontal de la base se constituye de una cuchilla de acero Duero tensada que se distingue tanto adelante como abajo del resto de la hoja, presentando una conformación cóncava y una inclinación hacia atrás. Los brazos de empuje constituyen vigas de considerable espesor que se enlazan con el tractor en la parte inferior de la hoja. Su función se centra en la transferencia de cargas sobre la hoja. Los brazos de inclinación se caracterizan por ser contravientes diagonales situados entre el brazo de empuje y el segmento superior de la hoja. Apoyan la hoja con la finalidad de resistir cargas que superan la línea de los brazos de empuje y proporcionan mecanismos para regular la inclinación longitudinal y transversal del material. Impactante o devastador. La sección 11 del Anexo especifica los componentes del Tractor Sobre Orugas Modelo D375A-5.

Las características primordiales de los tractores sobre orugas modelo D375 A-5 abarcan: un motor de gran potencia con un consumo eficiente de combustible, una hoja de diseño innovador con una transmisión automática verificada sobre terreno con un convertidor de par de bloqueo de control electrónico, lo más reciente en la tecnología de Komatsu. El D375A-5 ilustra la meticulosa dedicación de Komatsu hacia la manufactura de maquinaria de alta calidad, cómoda y segura. Inevitablemente, este bulldozer equipado con orugas Komatsu se convertirá en un colaborador de confianza debido a su: Elevada productividad y reducido consumo de combustible, atribuibles a la optimización de su equipo de trabajo: 18,5 m³ (hoja semi-U) o 22,0 m³ (hoja U), Ripper gigante variable (opcional) y Ripper multirrejón variable (opcional). Asimismo, debido a su: Mayor Productividad y Consumo del Tractor Sobre Orugas Modelo D375A-5.

La productividad elevada y el consumo de combustible reducido de los tractores se alcanzan gracias a una serie de factores fundamentales. Inicialmente, el motor eficaz y limpio de 474 kW/636 HP Ecot3, caracterizado por su eficiencia energética, hace que el D375A-5 sea idóneo para tareas de empuje y rípiado. Este motor fusiona un rendimiento excepcional con la preservación del medio ambiente. Adicionalmente, su transmisión automática, que ajusta de manera automática el modo más apropiado para cada operación, optimiza la eficiencia. Incorpora una función de preconfiguración de la velocidad de desplazamiento, lo cual contribuye a la reducción del tiempo operativo y el esfuerzo del operador. Las válvulas de

modulación de control electrónico (ECMV) de Komatsu facilitan cambios de marcha fluidos, garantizando la eficiencia óptima en la transmisión de potencia.

El transformador de par con bloqueo automático constituye otro componente esencial. Este sistema, en conjunción con la transmisión automática, minimiza los ciclos y optimiza el rendimiento global. El sistema de control del tren de rodaje interactúa con el convertidor de par cuando se requiere un incremento en el par, y lo bloquea automáticamente en circunstancias que demandan un menor par, lo cual previene pérdidas de potencia superfluas. En consecuencia, la máquina opera siempre con la eficiencia máxima, lo que contribuye a la reducción del consumo de combustible hasta en un 10%.

La productividad también es potenciada por la diversidad de modalidades laborales disponibles. El modo "Power" proporciona la potencia máxima, mientras que el modo "Economy" maximiza la eficiencia energética. Adicionalmente, la alternativa de seleccionar entre los modos automático o manual facilita al operador la elección de la configuración más apropiada para cada tarea. El ventilador hidráulico de refrigeración del radiador contribuye igualmente a la eficiencia: su velocidad de rotación se ajusta electrónicamente en función de la temperatura del refrigerante y del aceite hidráulico, lo que optimiza la eficiencia, disminuye el ruido y consume menos energía en comparación con los ventiladores convencionales.

En última instancia, la función de reducción de velocidad de desplazamiento regula el régimen del motor y la tasa de desplazamiento, disminuyendo la velocidad de desplazamiento de manera automática cuando se aplica carga, lo que optimiza el consumo de combustible. Esta función optimiza el desempeño al obviar la necesidad de cambios manuales de marcha, aunque puede ser desactivada si se requiere.

La excepcional comodidad para el operador puede atribuirse a la amplia y silenciosa cabina del tractor. La comodidad del operador es fundamental para una operación segura y eficaz. El modelo D375A-5 está dotado de una cabina cómoda y acústicamente aislada, proporcionando un ambiente óptimo para la concentración laboral. Su configuración hexagonal junto con las amplias ventanas revestidas con cristales tintados asegura una visibilidad panorámica excepcional. Adicionalmente,

el sistema de climatización automático y robusto evita la acumulación de polvo en la cabina. El interior se encuentra revestido con materiales de elevada calidad capaces de absorber el sonido, lo que contribuye a la disminución de los niveles de ruido y vibraciones.

La cabina del D375A-5 integra un sofisticado sistema de amortiguación que optimiza la absorción de impactos y vibraciones, particularmente en situaciones de desplazamiento por terrenos irregulares. Este sistema sobrepasa las capacidades de los sistemas convencionales de amortiguación. Adicionalmente, la optimización de la visibilidad de la hoja y del ripper se atribuye a la delgada compuerta del motor y a la disposición del asiento, lo que simplifica las operaciones de empuje y nivelación. La configuración del tanque de combustible también optimiza la visibilidad de las puntas del ripper y la parte posterior del bulldozer, lo cual potencia la seguridad y eficiencia.

El asiento con suspensión completamente regulable se ubica en el núcleo de un ambiente laboral confortable y seguro. Se puede adaptar para las operaciones de empuje, proporcionando una visión óptima de ambos lados de la hoja, o realizar una rotación de 15° hacia la derecha durante el rizado, lo que mejora la visibilidad trasera y disminuye la tensión en el cuello. La consola del mando de desplazamiento también permite ajustes en altura y longitud, facilitando así su adaptación a las preferencias individuales de cada operador.

Los mandos del D375A-5 se caracterizan por su vanguardia, facilidad de uso y precisión. La palanca ergonómica PCCS (Palm Command Control System) promueve una gestión efectiva de la maquinaria, mientras que el joystick de control de hoja, equipado con una válvula de control de presión proporcional PPC (Proportional Pressure Control), garantiza una operación exacta y una nivelación excepcional. Adicionalmente, la función de "marcha atrás lenta" disminuye la velocidad al realizar un retroceso sobre superficies duras, lo que optimiza la calidad del movimiento y reduce las vibraciones y el consumo de energía.

El sistema de control de tracción calibra de manera automática la velocidad al nivel óptimo durante el rizado, lo cual disminuye la fatiga del operador y facilita la concentración en la tarea sin tener que lidiar con el control del patinamiento. La

válvula de modulación electrónica (ECMV) ofrece un accionamiento suave y sin vibraciones, incrementando la fiabilidad y durabilidad de los componentes, y optimizando el confort del operador. En última instancia, el monitor de gran tamaño TFT a color facilita un trabajo eficiente.

Las hojas empujadoras o cuchillas de los tractores constituyen elementos estructurales de acero reforzado diseñados para transportar herramientas de corte y blindaje. Estos elementos están sometidos a una operación continua de empuje y corte, lo que resulta en un desgaste y deformación ininterrumpidos. Para optimizar la productividad, es imperativo que los tractores estén equipados con la hoja apropiada en función del tipo de trabajo y las condiciones del terreno en el que llevarán a cabo su operación. Los tipos de hojas más frecuentemente observados son:

Hoja rectilínea "S": Habitualmente de longitud reducida y altura elevada, esta lámina puede ser inclinada lateralmente para optimizar su penetración en el suelo. Su diseño modificado de "U" facilita su maniobrabilidad, penetrando en un rango de 30 a 60 cm, en función del modelo y dimensiones del tractor. Es óptimo para la excavación de suelos de alta densidad y el transporte de grandes volúmenes de carga.

Hoja universal "U": Con alas de mayor anchura, facilita la movilización de cargas de gran magnitud a distancias extensas. Se emplea en tractores de mayor envergadura para tareas tales como la habilitación de terrenos, el amontonamiento de materiales para cargadores frontales y la excavación de terrenos ligeros. Posee una longitud y altura superiores a las de la hoja "S", sin embargo, presenta una capacidad de penetración inferior.

Hoja semi-universal "SU": Fusiona las características más destacadas de las hojas "S" y "U". Con alas breves que optimizan la retención de carga, proporciona una mayor capacidad de penetración y carga acelerada, particularmente en materiales compactados. El cilindro de inclinación potencia su versatilidad y optimiza su eficiencia productiva.

Los desgarradores, también conocidos como Rippers, se instalan en la parte posterior del tractor y su control se realiza mediante un sistema hidráulico. Su función primordial consiste en desmantelar y destruir vías de tierra o asfalto, aflojar terrenos para facilitar la nivelación, romper capas duras e impermeables, y cortar raíces de árboles de gran tamaño para facilitar su eliminación.

Las máquinas de tracción a orugas son óptimas para condiciones laborales adversas, tales como pendientes pronunciadas y terrenos con una capacidad de soporte reducida. Sus tareas primordiales comprenden el empuje de tierra, la nivelación, la excavación en línea recta, y la ejecución de proyectos de construcción de vías. Dentro de las tareas secundarias se incluye el reemplazo de maquinaria de construcción.

El peso y la potencia del tractor restringen su capacidad de propulsión, y las características del terreno pueden influir en su desempeño. Las ventajas y restricciones de los tractores en diversas modalidades laborales comprenden: Ruta de acceso: Se emplea para desviaciones y pasos provisionales, sin embargo, presenta restricciones en relación con rocas no demolidas. Desmante: Se refiere a la eliminación de árboles y terreno, con restricciones para árboles de gran envergadura. Proceso de limpieza superficial: Efectivo para cortes de tamaño reducido, pero restringido por el peso en distancias extensas. Procedimientos iniciales: Útil en zonas limitadas, pero restringido por rocas expuestas y un acarreo inadecuado. Excavaciones con desplazamiento breve: Excelente para rellenos y cortes, aunque restringido por la presencia de rocas.

Extendido, se emplea para material en montones provenientes de acarreo de camiones; su ventaja es el empuje del material en cualquier dirección hacia el lugar de destino y su limitación es que es inapropiado para el acabado final. Rellenos, se emplea para la reposición del material en zanja su ventaja es la facilidad de maniobrar. Compactación, se emplea en compactación ligera en material de relleno; su ventaja es la gran ayuda al extender capas delgadas mientras se aplana. Acabado, se emplea para el afinamiento de la rasante; su ventaja es que se puede maniobrar rápido, tanto a los costados y hacia adelante y su limitación es que no se puede hacer el acabado final.

Para optimizar la conservación de los tractores, es crucial tener en cuenta lo siguiente: el mantenimiento preventivo es fundamental para garantizar una duración prolongada de la vida útil del equipo. Con este propósito, Komatsu ha diseñado el modelo D375A-5, el cual integra puntos de mantenimiento estratégicamente dispuestos para optimizar y simplificar las labores de revisión y cuidado. Monitoreo autodiagnóstico: El renovado panel de control centralizado exhibe capacidades de advertencia, publicidad sobre intervalos de servicio y otras funciones fundamentales. Con un simple examen, el operador puede discernir las alternativas más eficaces para optimizar la utilización del D375A-5. Cuando sea necesario, la pantalla señala explícitamente las medidas correctivas a implementar, facilitando a los operadores o técnicos la ejecución expedita de las intervenciones necesarias, previniendo así complicaciones severas y periodos de inactividad onerosos. Modalidad de tren de rodaje: Los elementos del tren de rodaje se encuentran sellados en un diseño modular que impide la acumulación de polvo y facilita el desmontaje y montaje de los componentes sin la necesidad de derramar aceite.

Es igualmente crucial la conservación de las cubiertas laterales del motor con diseño de ala de gaviota: Las cubiertas laterales se abren con facilidad, facilitando así el acceso para el mantenimiento del motor y la reposición de filtros. Se ha incrementado el ángulo de apertura de las cubiertas con el objetivo de optimizar aún más la accesibilidad. Ventilador reversible de radiación: El radiador puede ser limpiado mediante el uso del ventilador reversible e hidráulico, que puede ser invertido de manera cómoda desde la cabina mediante la simple presión de un botón. Incorporación de la cadena mediante anillo cónico: Las articulaciones del D375A-5 integran un anillo cónico y una fuerza de compresión reducida que se asemeja a los modelos de bulldozers de mayor tamaño de Komatsu. Este sistema optimiza la conservación del tren de rodaje, simplificando el movimiento de los bulones y casquillos, lo que incrementa la duración del tren de rodaje y disminuye los costos de mantenimiento, al posibilitar la reutilización de los bulones y reducir las horas de trabajo requeridas. Extensos periodos de servicio: La implementación de componentes consumibles con periodos de sustitución más extensos, tales

como filtros y otros componentes, contribuye a la disminución de los gastos asociados al mantenimiento.

La realidad actual nos muestra como la competitividad con la que se desenvuelven las Empresas en el Sector Minero hacen que el conocimiento de las técnicas en Programas o Planes de Mantenimiento relacionadas a la producción, constituyan el camino para alcanzar una mejor eficiencia y competitividad de éstas. Existen empresas que aún no tienen un programa o plan de mantenimiento asistido o sistematizado bien definido, para que puedan llevar a cabo tareas específicas de mantenimiento de un equipo, prueba de ello existen estudios de mejora en lo que se refiere a implantar, mejorar planes de mantenimiento preventivo en empresas que requieren de sus máquinas se encuentren operativas en el momento que lo requieran, por la competitividad que hay en el mercado. Es indiscutible que, en naciones en vías de desarrollo como la nuestra, las discrepancias tanto en volumen como en calidad de los servicios de mantenimiento son palpables entre los diversos proveedores.

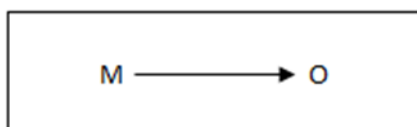
Actualmente, el mantenimiento preventivo de los tractores sobre orugas de la marca Komatsu Modelo D375A-5 desempeña un papel crucial en la producción, dado que estos dispositivos contribuyen con el 35% de la producción total de las operaciones. Los costos operativos de las compañías mineras de explotación están altamente vinculados a la disponibilidad de sus equipos. La interrupción de estos dispositivos debido a fallos imprevistos provoca demoras en todo el ciclo de extracción y incrementa los costos operativos, generando pérdidas económicas para las empresas.

Lo que nos impulsa a cuestionar: ¿De qué manera la propuesta del Plan de Mantenimiento Preventivo afecta la disponibilidad de los Tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5 en la minera? En respuesta a esta situación, el presente estudio se enfocó en formular un plan de Mantenimiento Preventivo con el objetivo de maximizar la disponibilidad y la productividad de los Tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5 al costo más reducido posible. Para alcanzar este objetivo, se cumplirán los siguientes objetivos: Diagnóstico del plan vigente de mantenimiento preventivo de los tractores sobre orugas marca Komatsu

modelo D375A-5 en la minera; Evaluación de los indicadores principales de gestión del mantenimiento de la flota de tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5 en minera; Evaluación del cumplimiento de las competencias técnicas del personal asignado a la flota de tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5 en la minera; Propuesta de mejoras en el nuevo plan de mantenimiento preventivo de tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5 en la minera.

II. METODOLOGÍA

De acuerdo con el objetivo alcanzado, la modalidad de investigación se clasifica como aplicada, dado que se han propuesto soluciones y conocimientos con aplicaciones inmediatas. La investigación se realizó con el propósito de optimizar las prácticas óptimas del plan de mantenimiento preventivo para los tractores sobre orugas Komatsu modelo D375A-5, con la finalidad de incrementar su disponibilidad. La profundidad del estudio es de carácter descriptivo y sencillo, dado que los datos se adquirieron a través de la observación directa del fenómeno. Esta modalidad de investigación persigue y consolida datos contemporáneos relativos a una circunstancia previamente establecida, sin la intervención o supervisión preexistente de un tratamiento. Involucra una descripción, examen e interpretación del fenómeno con el objetivo de caracterizar un objeto de estudio o situación específica, identificando sus atributos y las potenciales áreas de modificación. Para la realización de esta investigación, se empleó un diseño de contrastación no experimental, dado que las variables no fueron manipuladas de manera intencional, sino que los fenómenos fueron examinados en su contexto original. Se caracterizó por ser descriptivo, dado que se reflejaron los elementos más significativos del estudio, y transversal, dado que se estableció en un momento específico.



Donde:

M: muestra

O: observación

Como Variables de Estudio tenemos para la Variable Independiente: Plan de Mantenimiento Preventivo de tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5 y para la Variable Dependiente: Disponibilidad de los tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5. ([Anexo A1](#))

La Población de estudios fue la totalidad de los tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5, en la operación minera; teniendo como Muestra a toda la población dado que es pequeña y como Unidad de Análisis a 06 tractores sobre

orugas marca Komatsu modelo D375A-5, de la operación minera cuyo criterios de Inclusión, Toda la flota de tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5 de la operación minera y como criterios de Exclusión: Todos los tractores sobre orugas de diferente marca y modelo, que los tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5, de la operación minera, en estudio.

Las técnicas e instrumentos empleados para la recopilación de datos en el presente estudio se detallan a continuación: Estudio: El procedimiento se utilizó para recolectar datos estadísticos de una población, ya sea en su totalidad o mediante una muestra representativa, con el objetivo de inferir características particulares de dicha población en un momento específico o a lo largo del tiempo. En este escenario, se emplearon cuestionarios con interrogantes de naturaleza cerrada.

Sistema de Asignación: Una solución administrativa minera de amplia gama, concebida tanto para explotaciones mineras superficiales como subterráneas, que ofrece al usuario una base de datos con información actualizada en tiempo real. Este sistema emplea hardware de vanguardia para proporcionar un incremento en la productividad y eficiencia a través de la optimización verificada de las flotas. Para el estudio en cuestión, se recolectaron datos de este sistema con la finalidad de identificar las paradas programadas y no programadas de los equipos.

Estructuras de Evaluación de Equipos: Documentos concebidos para documentar la condición física de los equipos, facilitando así un seguimiento diario meticuloso. Estos formatos facilitan la identificación de fallos o averías, proporcionando al personal de mantenimiento los datos requeridos para su correcta corrección.

El enfoque adoptado fue el de observación retrospectiva, dado que los datos fueron recolectados de forma directa a través de la observación o experiencia, empleando datos previamente documentados antes del inicio de la investigación.

Index of Consumer Perception (IPC): Este enfoque metodológico se sustenta en la calidad y la satisfacción, y se basa en la percepción del cliente respecto al servicio proporcionado, que constituye el eje central de la presente investigación.

Este enfoque fue particularmente implementado en el departamento de mantenimiento mina, quienes son los encargados y evaluadores del servicio prestado. Los datos derivados de las respuestas a la encuesta fueron procesados mediante la aplicación de la metodología IPC para obtener los resultados, que

serán empleados para llevar a cabo el primer análisis y diagnóstico de la condición del mantenimiento.

Descriptiva Estadística: Este enfoque analítico de datos se utilizará para caracterizar los hallazgos a través de tablas de frecuencia, gráficos de barras y distribuciones, empleando cuadros estadísticos y medidas de tendencia. Para este propósito, se empleará el software Microsoft Excel 2013.

El investigador asume el compromiso de asegurar la exactitud de los hallazgos y la confiabilidad de los datos suministrados por la organización.

III. RESULTADOS

Diagnóstico del Actual Plan de Mantenimiento.

Disponibilidad Mensual. La flota de tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5, a diferencia de otras operaciones mineras, se les considera flota principal ya que su operatividad se ve reflejada plenamente en la producción del mineral final (barra dore). El área de mantenimiento dedicada a la mantención de los equipos está afrontando la baja disponibilidad, lo cual se ve reflejado en el incremento sustancial de las paradas imprevistas que en adelante denominaremos paradas no programadas, el incremento de estas paradas no programadas se ven reflejadas en la disminución de la disponibilidad física lo que a futuro significa menos tiempo de operación y producción.

Se expone a continuación un diagrama que ilustra el comportamiento de la disponibilidad de las seis unidades de tractores sobre orugas Komatsu modelo D375A-5 examinadas en el presente estudio, poniendo de manifiesto una tendencia pronunciada hacia la reducción de su disponibilidad.

Tabla 1: Demora Mecánica enero 2024

		ENERO						TOTAL, HRS NO PROGRAMADAS FLOTA TRACTORES ENE-2024	
DEMORA MECÁNICA		D375A #1	D375A #2	D375A #3	D375A #4	D375A #5	D375A #6		
	01-ene.-23	0,00	0,00	24,00	0,00	0,00	4,50	01-dic.-22	28,50
	02-ene.-23	0,00	5,20	24,00	2,80	2,70	0,58	02-dic.-22	35,28
	03-ene.-23	10,10	0,00	24,00	0,00	0,30	23,62	03-dic.-22	58,02
	04-ene.-23	0,00	0,00	24,00	0,00	0,00	0,35	04-dic.-22	24,35
	05-ene.-23	0,00	0,00	24,00	0,00	3,12	7,28	05-dic.-22	34,40
	06-ene.-23	2,01	3,60	0,00	8,45	6,13	11,47	06-dic.-22	31,66
	07-ene.-23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	10,43	07-dic.-22	10,52
	08-ene.-23	4,97	0,00	13,20	0,00	0,00	0,00	08-dic.-22	18,17
	09-ene.-23	0,00	5,23	1,40	3,07	0,10	4,32	09-dic.-22	14,12
	10-ene.-23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	10-dic.-22	0,12
	11-ene.-23	2,40	0,13	0,00	0,00	11,63	1,60	11-dic.-22	15,77
	12-ene.-23	0,00	14,00	0,00	0,00	0,00	0,95	12-dic.-22	14,95
	13-ene.-23	0,00	24,00	2,93	6,80	0,00	0,82	13-dic.-22	34,55
	14-ene.-23	6,58	21,48	2,27	24,00	0,00	0,65	14-dic.-22	54,98
	15-ene.-23	0,00	14,00	0,00	11,60	0,00	0,57	15-dic.-22	26,17
	16-ene.-23	0,00	6,52	0,00	0,00	0,15	15,30	16-dic.-22	21,97
	17-ene.-23	0,00	1,30	2,55	2,02	3,48	0,08	17-dic.-22	9,43
	18-ene.-23	12,03	0,00	6,35	3,50	1,42	0,00	18-dic.-22	23,30
	19-ene.-23	0,00	0,67	1,30	0,00	12,20	1,80	19-dic.-22	15,97
	20-ene.-23	4,03	3,70	1,52	0,00	14,13	0,00	20-dic.-22	23,38
	21-ene.-23	0,00	0,00	0,00	4,70	10,85	0,00	21-dic.-22	15,55
	22-ene.-23	0,00	5,20	0,00	0,00	2,45	2,73	22-dic.-22	10,38
	23-ene.-23	2,70	0,00	0,00	0,00	1,95	0,62	23-dic.-22	5,27
	24-ene.-23	0,00	0,00	6,30	4,70	0,15	0,00	24-dic.-22	11,15
	25-ene.-23	0,00	2,50	4,30	0,00	2,13	0,00	25-dic.-22	8,93
	26-ene.-23	2,05	0,00	0,00	0,00	0,23	3,40	26-dic.-22	5,68
	27-ene.-23	0,00	4,70	0,00	0,00	2,10	0,00	27-dic.-22	6,80
	28-ene.-23	0,00	0,00	4,60	4,65	0,00	0,00	28-dic.-22	9,25
	29-ene.-23	4,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	29-dic.-22	4,95

30-ene.-23	0,00	0,00	0,00	2,60	1,00	2,10	30-dic.-22	5,70
31-ene.-23	0,00	3,10	3,10	0,00	4,28	12,72	31-dic.-22	23,20
TOTAL	51,27	115,33	169,82	78,89	80,70	106,44		602,47

Tabla 2: Disponibilidad Total de la Flota de Tractores en el mes Enero 2024

		D375A #1	D375A #2	D375A #3	D375A #4	D375A #5	D375A #6
		01-ene.-23	100,00%	100,00%	0,00%	100,00%	100,00%
02-ene.-23	100,00%	78,33%	0,00%	88,33%	88,75%	97,57%	
03-ene.-23	57,92%	100,00%	0,00%	100,00%	98,75%	1,60%	
04-ene.-23	100,00%	100,00%	0,00%	100,00%	100,00%	98,54%	
05-ene.-23	100,00%	100,00%	0,00%	100,00%	87,01%	69,65%	
06-ene.-23	91,63%	85,00%	100,00%	64,79%	74,44%	52,22%	
07-ene.-23	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	99,65%	56,53%	
08-ene.-23	79,31%	100,00%	45,00%	100,00%	100,00%	100,00%	
09-ene.-23	100,00%	78,19%	94,17%	87,21%	99,58%	82,01%	
10-ene.-23	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	99,51%	100,00%	
11-ene.-23	90,00%	99,44%	100,00%	100,00%	51,53%	93,33%	
12-ene.-23	100,00%	41,67%	100,00%	100,00%	100,00%	96,04%	
13-ene.-23	100,00%	0,00%	87,78%	71,67%	100,00%	96,60%	
14-ene.-23	72,57%	10,49%	90,56%	0,00%	100,00%	97,29%	
15-ene.-23	100,00%	41,67%	100,00%	51,67%	100,00%	97,64%	
16-ene.-23	100,00%	72,85%	100,00%	100,00%	99,38%	36,25%	
17-ene.-23	100,00%	94,58%	89,38%	91,60%	85,49%	99,65%	
18-ene.-23	49,86%	100,00%	73,54%	85,42%	94,10%	100,00%	
19-ene.-23	100,00%	97,22%	94,58%	100,00%	49,17%	92,25%	
20-ene.-23	83,21%	84,58%	93,68%	100,00%	41,11%	100,00%	
21-ene.-23	100,00%	100,00%	100,00%	80,42%	54,79%	100,00%	
22-ene.-23	100,00%	78,33%	100,00%	100,00%	89,79%	88,61%	
23-ene.-23	88,75%	100,00%	100,00%	100,00%	91,88%	97,43%	
24-ene.-23	100,00%	100,00%	73,75%	80,42%	99,38%	100,00%	
25-ene.-23	100,00%	89,58%	82,08%	100,00%	91,11%	100,00%	
26-ene.-23	91,46%	100,00%	100,00%	100,00%	99,03%	85,83%	
27-ene.-23	100,00%	80,42%	100,00%	100,00%	91,25%	100,00%	
28-ene.-23	100,00%	100,00%	80,83%	80,63%	100,00%	100,00%	
29-ene.-23	81,67%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	97,71%	
30-ene.-23	100,00%	100,00%	100,00%	89,17%	95,83%	91,25%	
31-ene.-23	100,00%	87,08%	87,08%	100,00%	82,15%	47,01%	
MENSUAL POR EQUIPO	93,11%	84,50%	77,18%	89,40%	89,15%	85,69%	
MENSUAL POR FLOTA	86,50%						

La tabla N° 02 muestra los valores de la disponibilidad de la flota de tractores alcanzada durante el mes de enero 2024, se pueden apreciar que los resultados de disponibilidad se encuentran dentro de lo planificado, salvo el tractor N° 03 que tiene una disminución en su disponibilidad debido a que los primeros cinco días no trabajo dicha máquina por falta de repuestos.

Tabla 3: Disponibilidad mes a mes Ene. 2023 a Dic. 2024

MES	DISP. FÍSICA %
ene-23	86,5
feb-23	85,4
mar-23	87,2
abri-23	86,6
mayo-23	85,4
juni-23	87,2
juli-23	83,3
agos-23	83,8

MES	DISP. FÍSICA %
sept-23	83,2
octu-23	83,6
novi-23	79,3
dici-23	79,1
ener-24	76,3
febr-24	77,4
marz-24	75,3
abri-24	77
mayo-24	76,8
juni-24	75,8
juli-24	76,9
agos-24	75,7
sept-24	74,2
octu-24	74,2
novi-24	69,5
dici-24	69,6

La tabla N° 03 muestra los valores obtenidos de la disponibilidad física de la flota de tractores desde los meses enero 2023 a diciembre del 2024, se pueden apreciar la disminución de la disponibilidad en la frecuencia de tiempo mencionada.

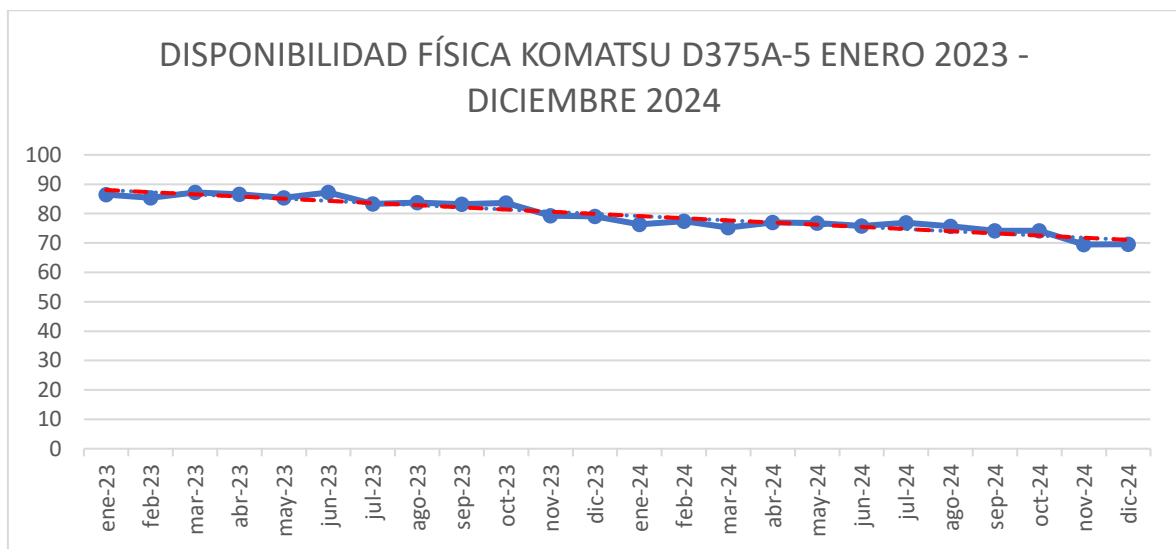


Figura 1: Disponibilidad Física Mensual Flota Komatsu D375A-5 enero 2023 a diciembre 2024

Analizando la figura N° 01 se puede apreciar claramente que en la disminución de la disponibilidad en el mes de enero del 2023 en comparación de la disponibilidad de diciembre del 2024 ha disminuido 16.9% lo que equivale a un promedio de 102 horas de paradas no programadas por equipo. Lo que hace un total de 602 horas de inoperatividad de paradas no programadas por toda la flota en el mes de enero 2023.

Como resultado de la disponibilidad y ante los datos expuestos podemos manifestar las serias averías que existen en la flota de los tractores sobre orugas marca Komatsu, de la minera.

Disponibilidad Anual. A continuación, se muestra el promedio anual de la disponibilidad de los tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5, de los años 2023 – 2024

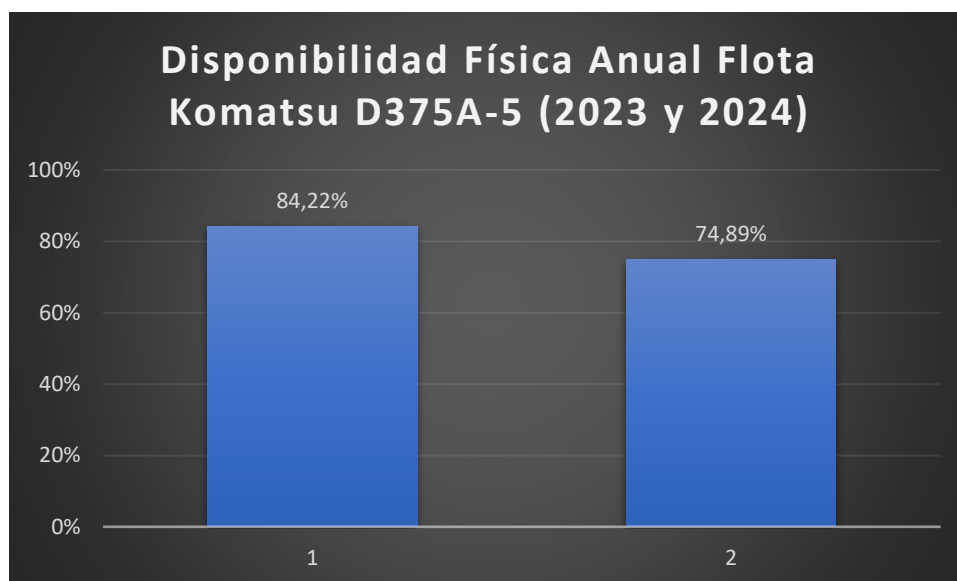


Figura 2: Disponibilidad Física Anual Flota Komatsu D375A-5 (2023 y 2024)

Según la figura N° 02, analizamos que la disponibilidad física de los tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5, alcanzada al año 2023 fue de 84.22%, comparada con la disponibilidad física promedio alcanzado del año 2024 que fue 74.89%, podemos precisar que existe una diferencia de 9,325%, esto equivale aproximadamente a que uno de los equipos de la flota ha permanecido en estado inoperativo durante aproximadamente 201 días. Demostrando de esta manera la deficiencia del proceso del plan de mantenimiento actual.

Analizando los Principales Indicadores de Gestión del Mantenimiento

Indicadores de Mantenimiento Según el MTBF (por sus siglas en inglés **MEAN TEAM BETWEEN FAILURE**) algunos lo llaman tiempo medio entre fallas.

Tabla 4: MTBF año 2023 - 2024

MES	MTBF
Ene-23	95.4
Feb-23	98.7
Mar-23	110.4
Abr-23	103.2
May-23	99.7
Jun-23	101.4
Jul-23	93.2
Ago-23	97.6
Set-23	97.8
Oct-23	99.3
Nov-23	89.4
Dic-23	88.3
Ene-24	81.4
Feb-24	82.3
Mar-24	79.7
Abr-24	81.4
May-24	80.6
Jun-24	78.9
Jul-24	83.4
Ago-24	81.9
Set-24	78.7
Oct-24	78.8
Nov-24	69.4
Dic-24	70.3

La tabla N° 04 muestra los valores obtenidos del MTBF (tiempo medio entre fallas) de los tractores marca Komatsu modelo D375A-5, desde los meses enero 2023 a diciembre del 2024, donde se pueden apreciar la disminución de MTBF en la frecuencia de tiempo mencionada. Dichos valores se obtienen con la siguiente formula:

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de Hor. totale del period de tiemp analizad}}{N^{\circ} \text{ de avería}}$$

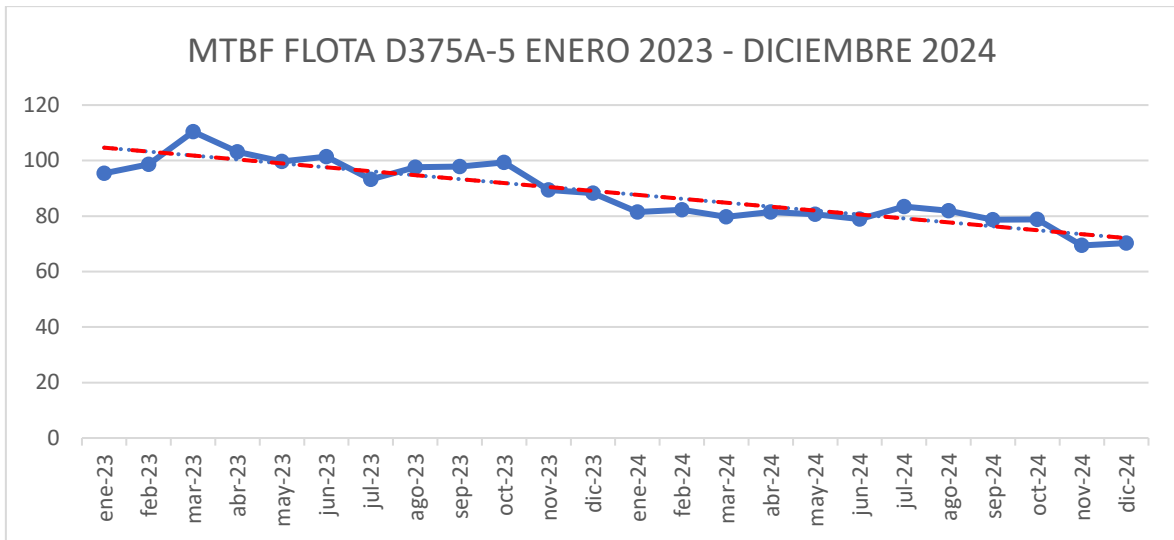


Figura 3: MTBF Flota Komatsu D375A-5 enero 2023 – diciembre 2024

Según la figura N° 03, podemos observar como el MTBF (tiempo medio entre fallas) de la flota de tractores marca Komatsu modelo D375A-5 tiende a decrecer paulatinamente, esto significa el incremento de fallas inesperadas entre los mantenimientos programados. Podemos determinar que a menor MTBF el comportamiento de la disponibilidad disminuye, lo ideal para una empresa que cuenta con estos equipos es cero averías.

Indicadores de Mantenimiento según el MTTR (por sus siglas en inglés **MEAN TEAM TO REPAIR**) algunos lo llaman tiempo medio para reparar la avería.

Tabla 5: MTTR año 2023 – 2024

MES	MTTR
Ene.-23	3.2
Feb.-23	3.8
Mar.-23	2.9
Abr.-23	3.3
May.-23	2.1
Jun.-23	3.3
Jul.-23	3.7
Ago.-23	3.6
Set.-23	3.4
Oct.-23	2.8
Nov.-23	2.6
Dic.-23	1.9
Ene.-24	2.9
Feb.-24	3.1

MES	MTTR
Mar.-24	4.2
Abr.-24	4.8
May.-24	6.2
Jun.-24	6.7
Jul.-24	5.8
Ago.-24	4.9
Set.-24	5.3
Oct.-24	5.4
Nov.-24	8.1
Dic.-24	6.4

La tabla N° 05, muestra los valores obtenidos del MTTR (tiempo medio para reparar la avería) de los tractores marca Komatsu modelo D375A-5, desde los meses enero 2023 a diciembre del 2024, donde se pueden apreciar el incremento que ha tenido en la frecuencia de tiempo mencionada, obtenidos con la siguiente formula.

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ de hora de paro por averías}}{N^{\circ} \text{ de avería}}$$

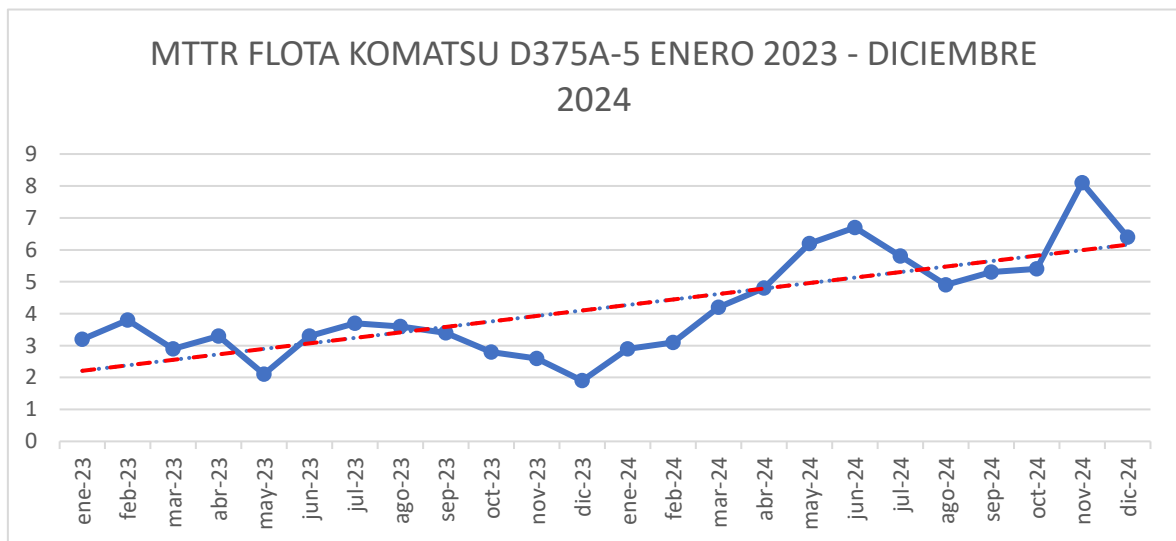


Figura 4: MTTR Flota Komatsu D375A-5 enero 2023 – diciembre 2024

La figura N° 04, nos muestra que el MTTR (tiempo medio entre reparar la falla) de los tractores marca Komatsu modelo D375A-5 ha incrementado, lo cual nos demuestra que el tiempo empleado para volver un equipo a un estado de funcionamiento óptimo ha incrementado, las fallas han aumentado por el tiempo que se toma para repararlas y por ser complejas. Esto quiere decir que mientras el valor del MTTR aumenta la disponibilidad de los tractores disminuye.

Para la presente investigación los indicadores MTBF Y MTTR, también se toman como indicadores de confiabilidad, dado que manifiestan un estado de operatividad, es así podemos decir que mientras menor sea el valor del MTBF y mayor el valor del MTTR nos indican que existe una producción no óptima dado que puede existir una planificación cumplida de manera irregular, esto puede significar pérdida de horas hombre aumento de los costos en energía.

Determinando las Fallas más recurrentes de los Principales Sistemas.

Diagrama de Pareto.

A continuación, se muestra la tabla N° 06 conteniendo el consolidado por sistema durante el periodo enero 2023 a diciembre 2024 de las fallas más recurrentes.

Tabla 6: Fallas más recurrentes en los periodos enero 2023 a diciembre 2024

SISTEMA	PARADAS	PORCENTAJE
MOTOR DIESEL	633	31.32%
ELEM. DESGASTE	541	26.77%
CARRILERÍA	408	20.19%
SIST. ELÉCTRICO	215	10.64%
AIRE ACONDICIONADO	98	4.85%
HIDRÁULICA	65	3.22%
ESTRUCTURA	32	1.58%
TRANSMISIÓN	29	1.43%
	2021	100.00%

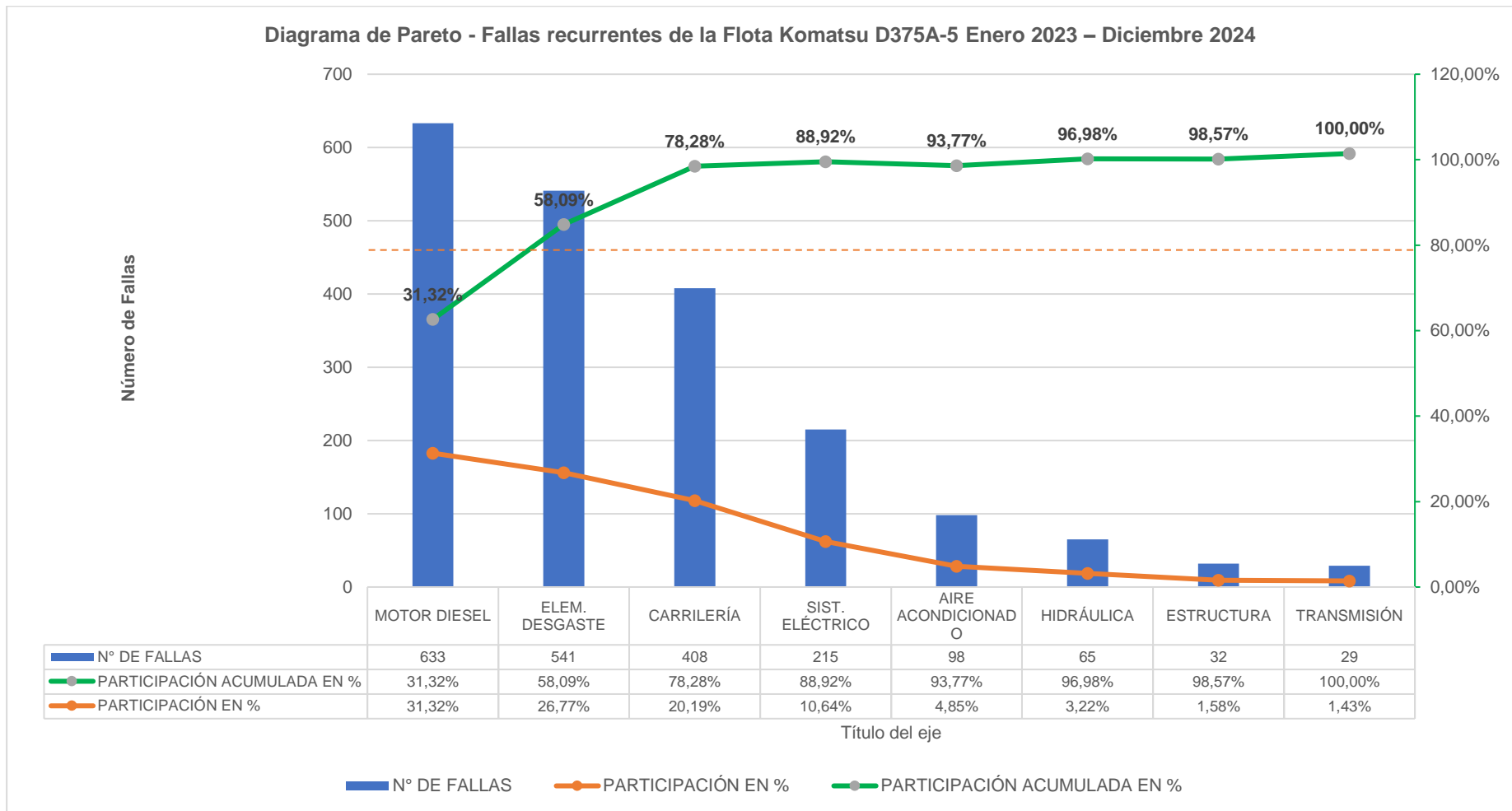


Figura 5: Fallas recurrentes de la Flota Komatsu D375A-5 enero 2023 – diciembre 2024

Analizando la figura N° 05, conocido también como el cuadro 80 – 20, podemos precisar que el 80% de todos los problemas de la flota de tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5 entre los periodos enero 2013 a diciembre 2014, son tres que detallamos a continuación: primero el sistema de motor diésel con 633 fallas que representa el 31.32%, el segundo sistema de elementos de desgastes con 541 fallas que representa el 26.77% y por último el sistema de Carrilería con 408 fallas que representa el 20.19%.

Esto determina un proceso de mantenimiento crítico que con lleva a las bajas disponibilidades ofrecidas por esta flota y que es base de esta investigación, pues en base a estos tres principales sistemas de fallas es que se mejorará el plan de mantenimiento actual. Ver anexo N° 23 Sistemas con Fallas Recurrentes – Tractor Sobre Orugas Modelo D375A-5

Analizando el programa anual de las competencias técnicas del personal.

Según el análisis de los puntos 3.9.1 (indicadores de mantenimiento según el MTBF), 3.9.2 (indicadores de mantenimiento según el MTTR) se puede observar un comportamiento de baja disponibilidad de la flota de tractores. Para la presente investigación se ha creído conveniente verificar el programa y cumplimiento de las capacitaciones del personal técnico designado al proceso de mantenimiento de los tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5.

A continuación, se muestra la tabla con la programación y el cumplimiento de los cursos de capacitación, realizados al personal técnico.

Tabla 7: Programación de competencias técnicas

PERSONAL A ENTRENAR								
CURSOS		T1	T2	T3	T4	T5	T6	SUP
BASICOS	Estructura y Función	X	X	X	X	X	X	X
	Tren de Rodamiento	X	X	X	X	X	X	X
	Electricidad Básica	X	X	X	X	X	X	X
	Hidráulica básica	X	X	X	X	X	X	X
	Electricidad aplicada a Komatsu	X	X	X	X	X	X	X

PERSONAL A ENTRENAR								
CURSOS		T1	T2	T3	T4	T5	T6	SUP
MEDIOS	Lectura de planos hidráulicos	X	X	X	X	X	X	X
	Elementos de la transmisión	X	X	X	X	X	X	X
	Lubricación de sistema	X	X	X	X	X	X	X
	Elementos de la dirección y frenos	X	X	X	X	X	X	X
	Uso y manejo del CSS	X	X	X	X	X	X	X
AVANZADO	VHMS	X	X	X	X	X	X	X
	KOMTRAX	X	X	X	X	X	X	X
	Análisis de falla aplicada 1	X	X	X	X	X	X	X
	Análisis de falla aplicada 2	X	X	X	X	X	X	X
	Análisis de falla aplicada motor SAA	X	X	X	X	X	X	X

Analizando la tabla N° 07, se puede apreciar la programación de los cursos a dictarse, dirigidos al personal técnico, encargados de dar mantenimiento a los equipos (tractores D375A-5 de la marca Komatsu).

La programación de los cursos a dictarse al personal técnico, serán de acuerdo a la experiencia y antigüedad de permanencia en la empresa, tomando en cuenta su currículum vitae, y tiempo de egresado de la escuela de formación académica donde realizó sus estudios superiores.

Se muestra a continuación el análisis del cumplimiento de competencias técnicas, por cada una de las guardias asignadas al mantenimiento de tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5 de la minera.

Índice de Percepción del Cliente (IPC).

Es imperativo emplear una metodología apropiada para corroborar la percepción del cliente en relación con las principales causas que obstaculizan el funcionamiento óptimo de la flota actual de tractores sobre oruga KOMATSU, modelo D375A-5, durante un periodo específico bajo condiciones específicas. Este examen resultará fundamental para la formulación de mejoras en el nuevo Plan de Mantenimiento.

Con los datos proporcionados como respuestas, elaboramos nuestros cuatro Índices de Precios al Consumidor (IPC) con las dimensiones siguientes:

Índice de Percepción del Cliente INICIAL del Sistema MOTOR DIESEL

El motor diésel, es el que ejerce mayor fuerza, torque y potencia; el cual se caracteriza por ser el principal componente del sistema ya que alimenta con energía mecánica a los demás componentes de un equipo, para que con su funcionamiento lograr trasladar, transportar, empujar cargas de diferentes magnitudes a diferentes lugares sea el caso para el cual está diseñado, en este caso de los tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5.

Tabla 8: IPC Inicial del Sistema Moto Diesel

Definiciones diferentes

Cantid. de Factor. Relevante:	5.0
Cantid. de Cliente Encuestado:	5.0
Máxima Calificació. Posible:	5.0

Definición de Intervalos

Intervalo		Rango
Desde	Hasta	
0.0%	55.0%	Critico
56.0%	80.0%	Estable
81.0%	90.0%	Diferenciador
91.0%	100.0%	Ventaja Competitiva

Definición de Factore Relevante

	Factor Relevante
1	Confiabilidad de Reparaciones
2	Competencias Técnicas
3	Inspecciones
4	Logíst. de Repuesto
5	Apoyo Fabricante

Escala de Likert

Puntuación de los F. R	
1	Deficiente
2	Malo
3	Regular
4	Bueno
5	Excelente

Cientes Encuestados

	Cientes Encuestados
1	Operador 1
2	Operador 2
3	Operador 3
4	Operador 4
5	Operador 5

Evaluación individual de cada cliente respecto al rendimiento de la Organización en el cumplimiento de cada uno de estos Formularios de Responsabilidad Social (FR).

FR		Cliente				
		Confiabilidad de Reparaciones	Competencias Técnicas	Inspecciones	Logística de Repuestos	Apoyo Fabricante
1	Operador 1	2	3	2	3	2
2	Operador 2	3	2	3	2	3
3	Operador 3	2	3	2	3	2
4	Operador 4	3	3	3	3	3
5	Operador 5	2	2	2	3	2

Índices de Evaluación de Clientes

FR		Cliente						Total
		Puntaje Total FR	Confiabilidad de Reparaciones	Competencias Técnicas	Inspecciones	Logística de Repuestos	Apoyo Fabricante	
1	Operador 1	25.0	8.01%	12.01%	8.01%	12.01%	8.01%	48.01%
2	Operador 2	25.0	12.01%	8.01%	12.01%	8.01%	12.01%	52.01%
3	Operador 3	25.0	8.01%	12.01%	8.01%	12.01%	8.01%	48.01%
4	Operador 4	25.0	12.01%	12.01%	12.01%	12.01%	12.01%	60.01%
5	Operador 5	25.0	8.01%	8.01%	8.01%	12.01%	8.01%	44.01%

Índi. Genera de Percepción del Cliente	50.40%
	Critico

NOTA VIGESIMAL IPC	10.08
--------------------	--------------

Índice de Percepción del Cliente INICIAL de LOS ELEMENTOS DE DESGASTE

Son considerados elementos de desgaste de un tractor sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5: hoja empujadora, cuchillas, cantoneras, ripper y protector del Chang, por el trabajo que realiza dicho equipo ya sea empujando material, nivelando terrenos o el ripeo de una plataforma, su desgaste es mayor o menor dependiendo del tipo de terreno a trabajar. (Ver en anexo N° 23)

Tabla 9: IPC Inicial de Elementos de Desgaste

Otras Definiciones:

Cantid. de Factor. Relevante:	5
Cantid. de Cliente Encuestado:	5
Máxima Calificació. Posible:	5

Definición de Intervalos

Intervalo		Rango
Desde	Hasta	
0.0%	55.0%	Critico
56.0%	80.0%	Estable
81.0%	90.0%	Diferenciador
91.0%	100.0%	Ventaja Competitiva

Definición de Factor Relevant

	Factor Relevant
1	Confiabilidad de Reparaciones
2	Tiempo de reparación
3	Durabilidad de elementos
4	Logíst de Repuesto
5	Apoyo del fabricante

Escala de Likert

	Puntuación de los F. R
1	Deficiente
2	Malo
3	Regular
4	Bueno
5	Excelente

Clientes Encuestados

	Clientes Encuestados
1	Operador 1
2	Operador 2
3	Operador 3
4	Operador 4
5	Operador 5

Evaluación individual de cada cliente respecto al rendimiento de la Organización en el cumplimiento de cada uno de estos Formularios de Responsabilidad Social (FR).

		FR	Confiabilidad de Reparaciones	Tiempo de reparación	Durabilidad de elementos	Logística de Repuestos	Apoyo del fabricante
Cliente							
1	Operador 1		2	2	3	2	2
2	Operador 2		3	2	3	3	2
3	Operador 3		2	3	2	2	2
4	Operador 4		3	3	3	3	2
5	Operador 5		2	2	2	3	2

Índices de Evaluación de Clientes

		FR	Puntaje Total FR	Confiabilidad de Reparaciones	Tiempo de reparación	Durabilidad de elementos	Logística de Repuestos	Apoyo del fabricante	Total
Cliente									
1	Operador 1		25.0	8.01%	12.01%	8.01%	12.01%	8.01%	48.01%
2	Operador 2		25.0	12.01%	8.01%	12.01%	8.01%	12.01%	52.01%
3	Operador 3		25.0	8.01%	12.01%	8.01%	12.01%	8.01%	48.01%
4	Operador 4		25.0	12.01%	12.01%	12.01%	12.01%	12.01%	60.01%
5	Operador 5		25.0	8.01%	8.01%	8.01%	12.01%	8.01%	44.01%

Índice General de Percepción del Cliente	48.00%
	Critico

NOTA VIGESIMAL IPC	9.6
--------------------	------------

Índice de Percepción del Cliente INICIAL del sistema de CARRILERÍA

El sistema de Carrilería de un tractor sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5, está compuesto por: cadena de rodamiento, rodillo superior, rodillo inferior, rueda guía, sproteck (rueda dentada). Dichos elementos componen el sistema de transmisión (tren de rodamiento) que, a través de sus cadenas y engranajes, sirven para comunicar fuerza y movimiento. El objetivo de este estudio es proporcionar información pertinente y detallada sobre el tema. El funcionamiento se rige por una rueda guía que proporciona movimiento a la cadena, conformada por bujes, pasadores y eslabones. Los soportes de las cadenas son los rodillos superiores e inferiores, y su dirección se realiza mediante una rueda guía (consultar el anexo N° 23).

Tabla 10: IPC Inicial del Sistema de Carrilería

Otras Definiciones:

Cantid. de Factor. Relevante:	5
Cantid. de Cliente Encuestado:	5
Máxima Calificación. Posible:	5

Definición de Intervalos

Intervalo		Rango	
Desde	Hasta		
0.0%	55.0%	Critico	
56.0%	80.0%	Estable	
81.0%	90.0%	Diferenciador	
	91.0%	100.0%	Ventaja Competitiva

Definición de Factores Relevantes

Factores Relevantes	
1	Confiabilidad de Reparaciones
2	procesos de reparación
3	Inspecciones
4	Apoyo del fabricante
5	Tiempo de reparación

Escala de Likert

Puntuación de los F. R	
1	Deficiente
2	Malo
3	Regular
4	Bueno
5	Excelente

Clientes Encuestados

Clientes Encuestados	
1	Operador 1
2	Operador 2
3	Operador 3
4	Operador 4
5	Operador 5

Evaluación individual de cada cliente respecto al rendimiento de la Organización en el cumplimiento de cada uno de estos Formularios de Responsabilidad Social (FR).

FR	Cliente	Confiabilidad de Reparaciones	procesos de reparación	Inspecciones	Apoyo del fabricante	Tiempo de reparación
1	Operador 1	2	3	2	3	2
2	Operador 2	3	3	2	3	3
3	Operador 3	2	2	3	3	2
4	Operador 4	3	3	2	2	3
5	Operador 5	2	2	2	3	2

Índices de Evaluación de Clientes

FR	Cliente	Puntaje Total FR	Confiabilidad de Reparaciones	procesos de reparación	Inspecciones	Apoyo del fabricante	Tiempo de reparación	Total
1	Operador 1	25.0	8.01%	12.01%	8.01%	12.01%	8.01%	48.01%
2	Operador 2	25.0	12.01%	8.01%	12.01%	8.01%	12.01%	52.01%
3	Operador 3	25.0	8.01%	12.01%	8.01%	12.01%	8.01%	48.01%
4	Operador 4	25.0	12.01%	12.01%	12.01%	12.01%	12.01%	60.01%
5	Operador 5	25.0	8.01%	8.01%	8.01%	12.01%	8.01%	44.01%

Índice General de Percepción del Cliente	49.60%
	Critico

NOTA VIGESIMAL IPC	9.92
--------------------	-------------

Plan de Mantenimiento Preventivo Propuesto hacia los tractores D375A-5

El plan de mantenimiento preventivo en este caso de los tractores D375A-5 marca Komatsu, consta de la siguiente manera:

Tabla 11: Mantenimiento programado de Tractores D375A-5 marca Komatsu

PM - HRS	250 HRS	500 HRS	750 HRS	1000 HRS	1250 HRS	1500 HRS	1750 HRS	2000 HRS
PM 1	X							
PM 2		X						
PM 1			X					
PM 3				X				
PM 1					X			
PM 2						X		
PM 1							X	
PM 4								X

LEYENDA

PM1	Mntto Programado cada 250 Hrs.
PM2	Mntto Programado cada 500 Hrs.
PM3	Mntto Programado cada 1000 Hrs.
PM4	Mntto Programado cada 2000 Hrs.

Según la tabla N° 11, nos muestra que el mantenimiento preventivo se va realizando paulatinamente cada 250 Hrs de trabajo de la máquina, para lo cual consta de cuatro mantenimientos principales que son PM1 (250 hrs), PM2 (500 hrs), PM3 (1000 hrs) y PM4 (2000 hrs). El fabricante tiene establecido diferentes tareas a realizar durante los mantenimientos, según el mantenimiento que corresponda, para más detalles verificar en anexos N° tipos de mantenimiento.

Después de haber analizado los principales indicadores de gestión de mantenimiento y determinado las fallas más recurrentes de los principales sistemas de los tractores D375A-5. Proponemos mejorar el plan de mantenimiento preventivo para los tres sistemas principales del tractor D375A-5, con fallas más recurrentes los cuales determinan una baja disponibilidad.

Con el objetivo de alargar la vida útil y por ende aumentar la mayor disponibilidad de dichos equipos. Detallamos a continuación la mejora de la siguiente manera:

Tabla 12: Mejora Propuesta para los Tres Sistemas con Fallas más Recurrentes - Tractores D375A-5 marca Komatsu

	PM1 POS 1 250	PM2 POS 2 500	PM1 POS 3 750	PM3 POS 4 1000	PM1 POS 5 1250	PM2 POS 6 1500	PM1 POS 7 1750	PM4 POS 8 2000
MOTOR								
Revisar conductividad de Sensor de Temperatura	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar conductividad de Sensor de Presión de la bomba de combustible	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar presión de Blowby	X	X	X	X	X	X	X	X
Descarga y análisis de data INSITE	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar conductividad de sensor de refrigerante	X	X	X	X	X	X	X	X
Limpiar manguera de desfogue de BlowBy	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar sellos de comportamiento de filtros de aire	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar desgaste de fajas de Ventilador	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar desgaste de fajas de Alternador	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar fugas de gases de escape por el Muffler	X	X	X	X	X	X	X	X
Carrilería								
Realizar Medición KUC		X		X		X		X
Revisar protector de cilindro tensor de orugas	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar K - Bogueies RH / LH	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar PAD Superiores RH / LH	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar PAD Inferiores RH / LH	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar aguadores de cadena LH / RH	X	X	X	X	X	X	X	X
Revizar Barras Ecuilizadoras	X	X	X	X	X	X	X	X
Elementos de Desgaste								
Inspeccionar desgaste de Cantoneras RH / LH	X	X	X	X	X	X	X	X
Inspeccionar desgaste de cuchillas Centrales	X	X	X	X	X	X	X	X
Inspeccionar desgaste de cuchillas Laterales	X	X	X	X	X	X	X	X
Inspeccionar juego de pines y bocinas del equipo de trabajo frontal	X	X	X	X	X	X	X	X
Inspeccionar juego de pines y bocinas del equipo de trabajo posterior	X	X	X	X	X	X	X	X
Inspeccionar con ULTRASONIDO espesor de planchas de DOZER	X	X	X	X	X	X	X	X
Inspeccionar desgaste de Seguros y Puntas de Ripper	X	X	X	X	X	X	X	X
Inspeccionar proyector de ripper o SHANK	X	X	X	X	X	X	X	X
Inspección de Fisuras en alojamiento de seguros de puntas de ripper y SHANK	X	X	X	X	X	X	X	X

En la tabla N° 12, podemos observar las tareas adicionales propuestas para cada mantenimiento preventivo programado, tanto para el motor, sistema de carrilería y elementos de desgaste.

Tabla 13: Mejora Propuesta PM Clinic - MOTOR - Tractor D375A-5 marca Komatsu

MOTOR					
Valor a medir	Condiciones de medida	Unidad	Valor estándar	Valor medio	Estado
Velocidad del motor ⁽¹⁾	Baja velocidad en vacío	RPM	690 - 750		
	Baja velocidad en vacío ⁽²⁾	RPM	850 - 950		
	Alta velocidad en vacío	RPM	1,870 - 1,930		
	Calado convertidor de torque	RPM	1,430 - 1,570		
	Calado convertidor de torque + equipo de trabajo	RPM	1,160 - 1,360		
Presión de Boost ^(A)	Calado convertidor de torque	PSI	13.5 mín.		
		kPa	93.0 mín.		
Temperatura de escape ^(C) , cil. 1, 2 & 3	Calado convertidor de torque ^(D)	°C	700 máx.		
		°K	1,290 máx.		
Temperatura de escape ^(C) , cil. 4, 5 & 6	Calado convertidor de torque ^(D)	°C	700 máx.		
		°K	1,290 máx.		
Presión de Blow-by ^(B)	Alta velocidad en vacío	kPa	4 - 6.4 máx.		
		inH ₂ O	16 - 25.6 máx.		
	Calado convertidor de torque	kPa	5 - 8 máx.		
		inH ₂ O	20 - 32 máx.		
Presión de aceite motor ^(E)	Baja velocidad en vacío	PSI	17 - 20; 10 mín.		
		k/cm ²	1.2 - 1.4; 0.7 mín.		
	Alta velocidad en vacío	PSI	56 - 85; 30 mín.		
		k/cm ²	4 - 6; 2.1 mín.		
Presión de entrada de la bomba de combustible ^(F)	Alta velocidad en vacío	kPa	13.6 - 27.1 máx.		
		mmHg	102 - 203 máx.		
Presión de salida de la bomba de combustible ^(F)	Alta velocidad en vacío	kPa	130 - 170		
		mmHg	9.1 - 12		
		PSI	160 - 200		
	Velocidad: 800 RPM	kg/cm ²	11.3 - 14.1		
	Velocidad: 1,000 RPM	kg/cm ²	13.5 - 16.3		

La tabla N° 13, nos muestra el valor y las condiciones a medir en el sistema del motor, una herramienta valiosa que se propone para ponerlo en práctica durante los mantenimientos programados, con la finalidad de anticiparnos a las averías que puedan tener dichas máquinas, reparándolas a tiempo y no dejar que afecten o comprometan a demás sistemas.

Tabla 14: Mejora Propuesta PM Clinic – COVERTIDOR DE TORQUE - Tractor D375A-5 marca Komatsu

CONVERTIDOS DE TORQUE					
Presión a medir	Condiciones de medida Temperatura del aceite del convertidor: 70-90°C		Valor estándar (Mpa)	Valor medio (Mpa)	Estado
Presión de entrada: IN	T/M: N	Baja velocidad en vacío	0.03 - 0.15		
	T/M: N	Alta velocidad en vacío	0.80 - 1.00		
Presión de salida: OUT	T/M: N	Baja velocidad en vacío	0.01 - 0.15		
	T/M: N	Alta velocidad en vacío	0.39 - 0.64		
Presión de embrague Lock-up: LU	T/M: N	Baja velocidad en vacío	0.00 - 0.00		
	T/M: N	Alta velocidad en vacío	0.00 - 0.00		
	T/M: F1 ⁽²⁾	(1)	1.27 - 1.47		
Presión de embrague Estator: SC	T/M: N	Baja velocidad en vacío	2.25 - 2.65		
	T/M: N	Alta velocidad en vacío	2.45 - 2.85		
	T/M: F1 ⁽²⁾	(1)	0.00 - 0.00		

Tabla 15: Mejora Propuesta PM Clinic - TRANSMISIÓN - Tractor D375A-5 marca Komatsu

TRANSMISIÓN					
Presión a medir	Condiciones de medida Temperatura del aceite del convertidor: 70-90°C		Valor estándar (Mpa)	Valor medio (Mpa)	Estado
Presión de alivio principal: TM	T/M: N	Baja velocidad en vacío	2.35 - 2.94		
	T/M: N	Alta velocidad en vacío	2.45 - 2.94		
Presión de lubricación	T/M: N	Baja velocidad en vacío	0.00 - 0.00		
	T/M: N	Alta velocidad en vacío	0.15 - 0.25		
Presión de embrague F: FWD	T/M: F3 ⁽²⁾	Baja velocidad en vacío	2.35 - 2.94		
	T/M: F3 ⁽²⁾	Alta velocidad en vacío	2.45 - 2.94		
Presión de embrague R: R	T/M: R3 ⁽²⁾	Baja velocidad en vacío	2.35 - 2.94		
	T/M: R3 ⁽²⁾	Alta velocidad en vacío	2.45 - 2.94		
Presión de embrague 1ra: 1ST	T/M: F1 ⁽²⁾	Baja velocidad en vacío	1.96 - 2.55		
	T/M: F1 ⁽²⁾	Alta velocidad en vacío	1.96 - 2.55		
Presión de embrague 2da: 2ND	T/M: F2 ⁽²⁾	Baja velocidad en vacío	2.35 - 2.94		
	T/M: F2 ⁽²⁾	Alta velocidad en vacío	2.45 - 2.94		
Presión de embrague 3ra: 3RD	T/M: F3 ⁽²⁾	Baja velocidad en vacío	2.35 - 2.94		
	T/M: F3 ⁽²⁾	Alta velocidad en vacío	2.45 - 2.94		

Tabla 16: Mejora Propuesta PM Clinic – SISTEMA DE FRENOS Y EMBRAGUES DE DIRECCIÓN - Tractor D375A-5 marca Komatsu

FRENOS Y EMBRAGUES DE DIRECCIÓN					
Presión a medir	Condiciones de medida		Valor estándar (Mpa)	Valor medio (Mpa)	Estado
	Temperatura del aceite del convertidor: 70-90°C				
Presión de embrague izquierdo: LC	T/M: N hacia la izquierda	Baja velocidad en vacío	2.40 - 2.70		
	T/M: N hacia la izquierda	Alta velocidad en vacío	2.55 - 2.85		
Presión de embrague derecho: RC	T/M: N hacia la derecha	Baja velocidad en vacío	2.40 - 2.70		
	T/M: N hacia la derecha	Alta velocidad en vacío	2.55 - 2.85		
Presión de freno izquierdo: LB	T/M: N	Baja velocidad en vacío	2.35 - 2.65		
	T/M: N	Alta velocidad en vacío	2.50 - 2.80		
Presión de freno derecho: RB	T/M: N	Baja velocidad en vacío	2.35 - 2.65		
	T/M: N	Alta velocidad en vacío	2.50 - 2.80		
Eficiencia de freno	T/M: F2 ⁽³⁾	Alta velocidad en vacío	--		

Tabla 17: Plan de Mantenimiento Programado Anual

PM - HRS	D375A-5 N° 01	D375A-5 N° 02	D375A-5 N° 03	D375A-5 N° 04	D375A-5 N° 05	D375A-5 N° 06
PM 1	13	14	13	18	13	13
PM 2	27	28	26	35	26	26
PM 1	40	42	39	53	40	39
PM 3	54	56	52	71	53	52
PM 1	67	70	66	88	66	65
PM 2	80	84	79	106	79	78
PM 1	94	98	92	124	93	91
PM 4	107	112	105	141	106	104

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
TRACTOR							
D375A-5 N° 01	X	X	X				
D375A-5 N° 02		X	X				
D375A-5 N° 03	X	X	X				
D375A-5 N° 04	X	X	X				
D375A-5 N° 05	X	X	X				
D375A-5 N° 06	X	X	X				

En la tabla N° 17, podemos observar el plan de mantenimiento programado anual, donde nos indica la fecha y el tipo de mantenimiento para cada tractor, incluyendo la mejora propuesta que es el PM CLINIC según corresponda.

Índice de Percepción del Cliente FINAL del sistema MOTOR DIESEL

Tabla 18: IPC Final del Sistema Motor Diesel

Otras Definiciones:

Cantid. de Factor. Relevante:	5
Cantid. de Cliente Encuestado:	5
Máxima Calificació. Posible:	5

Definición de Intervalos

Intervalo		Rango
Desde	Hasta	
0.0%	55.0%	Critico
56.0%	80.0%	Estable
81.0%	90.0%	Diferenciador
91.0%	100.0%	Ventaja Competitiva

Definición de Factor Relevante

	Factor Relevant
1	Confiabilidad de Reparaciones
2	Competencias Técnicas
3	Inspecciones
4	Logíst. de Repuestos
5	Apoyo Fabricante

Escala de Likert

	Puntuación de los F. R
1	Deficiente
2	Malo
3	Regular
4	Bueno
5	Excelente

Clientes Encuestados

	Clientes Encuestados
1	Operador 1
2	Operador 2
3	Operador 3
4	Operador 4
5	Operador 5

Evaluación individual de cada cliente respecto al rendimiento de la Organización en el cumplimiento de cada uno de estos Formularios de Responsabilidad Social (FR).

FR		Confiabilidad de Reparaciones	Competencias Técnicas	Inspecciones	Logística de Repuestos	Apoyo Fabricante
1	Operador 1	3	3	3	4	3
2	Operador 2	4	3	4	4	3
3	Operador 3	4	4	3	4	3
4	Operador 4	3	3	3	3	3
5	Operador 5	3	3	3	4	3

Índices de Evaluación de Clientes

FR	Puntaje Total FR	Confiabilidad de Reparaciones	Competencias Técnicas	Inspecciones	Logística de Repuestos	Apoyo Fabricante	Total	
								Cliente
1	Operador 1	25	12.01%	12.01%	12.01%	16.01%	12.01%	64.01%
2	Operador 2	25	16.01%	12.01%	16.01%	16.01%	12.01%	72.01%
3	Operador 3	25	16.01%	16.01%	12.01%	16.01%	12.01%	72.01%
4	Operador 4	25	12.01%	12.01%	12.01%	12.01%	12.01%	60.01%
5	Operador 5	25	12.01%	12.01%	12.01%	16.01%	12.01%	64.01%

Índice General de Percepción del Cliente	66.40%
	Estable

NOTA VIGESIMAL IPC	13.28
--------------------	--------------

Índice de Percepción del Cliente FINAL de ELEMENTOS DE DESGASTE

Tabla 19: IPC Final de Elementos de Desgaste

Otras Definiciones:

Cantid. de Factor. Relevante:	5
Cantid. de Cliente Encuestado:	5
Máxima Calificació. Posible:	5

Definición de Intervalos

Intervalo		Rango
Desde	Hasta	
0.0%	55.0%	Critico
56.0%	80.0%	Estable
81.0%	90.0%	Diferenciador
91.0%	100.0%	Ventaja Competitiva

Definición de Factor Relevante

	Factor Relevante
1	Confiabilidad de Reparaciones
2	Tiempo de reparación
3	Durabilidad de elementos
4	Logíst. de Repuesto
5	Apoyo del fabricante

Escala de Likert

	Puntuación de los F. R
1	Deficiente
2	Malo
3	Regular
4	Bueno
5	Excelente

Cientes Encuestados

Cientes Encuestados	
1	Operador 1
2	Operador 2
3	Operador 3
4	Operador 4
5	Operador 5

Evaluación individual de cada cliente respecto al rendimiento de la Organización en el cumplimiento de cada uno de estos Formularios de Responsabilidad Social (FR).

FR		Confiabilidad de Reparaciones	Tiempo de reparación	Durabilidad de elementos	Logística de Repuestos	Apoyo del fabricante
Cliente						
1	Operador 1	3	3	3	4	3
2	Operador 2	3	3	3	3	4
3	Operador 3	4	4	3	3	3
4	Operador 4	3	3	3	3	3
5	Operador 5	4	4	3	4	3

Índices de Evaluación de Clientes

FR		Puntaje Total FR	Confiabilidad de Reparaciones	Tiempo de reparación	Durabilidad de elementos	Logística de Repuestos	Apoyo del fabricante	Total
Cliente								
1	Operador 1	25	12.01%	12.01%	12.01%	16.01%	12.01%	64.01%
2	Operador 2	25	12.01%	12.01%	12.01%	12.01%	16.01%	64.01%
3	Operador 3	25	16.01%	16.01%	12.01%	12.01%	12.01%	68.01%
4	Operador 4	25	12.01%	12.01%	12.01%	12.01%	12.01%	60.01%
5	Operador 5	25	16.01%	16.01%	12.01%	16.01%	12.01%	72.01%

Índice General de Percepción del Cliente	65.60%
	Estable

NOTA VIGESIMAL IPC	13.12
--------------------	--------------

Índice de Percepción del Cliente FINAL del sistema de CARRILERÍA

Tabla 20: IPC Final del Sistema de Carrilería

Otras Definiciones:

Cantid. de Factor. Relevante:	5
Cantid. de Cliente Encuestado:	5
Máxima Calificació. Posible:	5

Definición de Intervalos

Intervalo		Rango
Desde	Hasta	
0.0%	55.0%	Critico
56.0%	80.0%	Estable
81.0%	90.0%	Diferenciador
91.0%	100.0%	Ventaja Competitiva

Definición de Factor Relevante

Factores Relevantes	
1	Confiabilidad de Reparaciones
2	procesos de reparación
3	Inspecciones
4	Apoyo del fabricante
5	Tiempo de reparación

Escala de Likert

Puntuación de los F. R	
1	Deficiente
2	Malo
3	Regular
4	Bueno
5	Excelente

Clientes Encuestados

Clientes Encuestados	
1	Operador 1
2	Operador 2
3	Operador 3
4	Operador 4
5	Operador 5

Evaluación individual de cada cliente respecto al rendimiento de la Organización en el cumplimiento de cada uno de estos Formularios de Responsabilidad Social (FR).

FR		Confiabilidad de Reparaciones	procesos de reparación	Inspecciones	Apoyo del fabricante	Tiempo de reparación
1	Operador 1	3	3	3	3	3
2	Operador 2	3	3	3	3	3
3	Operador 3	4	3	4	3	4
4	Operador 4	3	3	3	3	3
5	Operador 5	3	3	3	4	4

Índices de Evaluación de Clientes

FR		Puntaje Total FR	Confiabilidad de Reparaciones	procesos de reparación	Inspecciones	Apoyo del fabricante	Tiempo de reparación	Total
1	Operador 1	25	12.01%	12.01%	12.01%	12.01%	12.01%	60.01%
2	Operador 2	25	12.01%	12.01%	12.01%	12.01%	12.01%	60.01%
3	Operador 3	25	16.01%	12.01%	16.01%	12.01%	16.01%	72.01%
4	Operador 4	25	12.01%	12.01%	12.01%	12.01%	12.01%	60.01%
5	Operador 5	25	12.01%	12.01%	12.01%	16.01%	16.01%	68.01%
Índice General de Percepción del Cliente			64.00%					
			Estable					
NOTA VIGESIMAL IPC			12.8					

ANÁLISIS DE FIABILIDAD

En el presente estudio, el instrumento empleado facilitó la realización de análisis de consistencia interna (modelo Alfa de Cronbach), las características de los componentes que la constituyen, los patrones de respuesta de los sujetos a dichos ítems y el incremento en la longitud de la prueba sobre su fiabilidad.

El coeficiente alfa de Cronbach facilita la cuantificación del grado de confiabilidad de una escala de medición para la magnitud inobservable, construida a partir de n variables observadas. Es aplicable en cualquier circunstancia en la que se requiera estimar la fiabilidad de un compuesto. Observar el anexo N° 30 para el cálculo del Alfa de Cronbach utilizando el software SPSS.

Tabla 21: Alfa de Cronbach Inicial

	0	12	13	0	0	0	15	10	0	0	0	13	12	0	0					
	MOTOR DIESEL					ELEMENTOS DE DESGASTE					SISTEMA DE CARRILERÍA									
	Preg. 1	Preg. 2	Preg. 3	Preg. 4	Preg. 5	Preg. 1	Preg. 2	Preg. 3	Preg. 4	Preg. 5	Preg. 1	Preg. 2	Preg. 3	Preg. 4	Preg. 5	Sumatoria				
Operador 1	2	3	2	3	2	2	2	3	2	2	2	3	2	3	2	35	Sumatoria	3.9		
Operador 2	3	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	40	Varianza	14.5		
Operador 3	2	3	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2	3	3	2	35				
Operador 4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	3	42	k/k-1	1.0714286		
Operador 5	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	33		0.2689655		
																		0.7310345		
																		Cronbach	0.7832512	
Media	2.4	2.6	2.4	2.8	2.4	2.4	2.4	2.6	2.6	2	2.4	2.6	2.2	2.8	2.4	37				
Varianza	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3					
																			N° Preg Tot.	15
																			(N° Preg Tot.)-1	14
																			donde: k es el número de preg.	

Tabla 22: Alfa de Cronbach Final

	0	0	17	8	0	0	1	15	8	1	1	0	17	6	1					
	MOTOR DIESEL					ELEMENTOS DE DESGASTE					SISTEMA DE CARRILERÍA									
	Preg. 1	Preg. 2	Preg. 3	Preg. 4	Preg. 5	Preg. 1	Preg. 2	Preg. 3	Preg. 4	Preg. 5	Preg. 1	Preg. 2	Preg. 3	Preg. 4	Preg. 5	Sumatoria				
Operador 1	3	3	3	4	3	3	3	2	4	3	3	1	3	3	3	44	Sumatoria	6.4		
Operador 2	4	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	49	Varianza	27.8		
Operador 3	4	4	3	4	3	4	4	4	3	3	4	4	4	3	4	55				
Operador 4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	45	k/k-1	1.07142857		
Operador 5	3	3	3	4	3	4	4	5	4	3	3	5	3	4	4	55		0.23021583		
																		0.76978417		
																		Cronbach	0.82476876	
Media	3.4	3.2	3.2	3.8	3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.4	49.6				
Varianza	0.3	0.2	0.2	0.2	0	0.3	0.3	1.3	0.3	0.2	0.2	2.2	0.2	0.2	0.3					
																			N° Preg Tot.	15
																			(N° Preg Tot.)-1	14
																			donde: k es el número de preg.	

COMPARATIVA DE ÍNDICE DE PRECEPCIÓN DEL CLIENTE

Tabla 23: Comparativa de Índice de Percepción del Cliente

COMPARATIVA DE IPC				
SISTEMA	INICIAL	ESTADO	PROPUESTA	ESTADO
MOTOR DIESEL	50.40%	Crítico	13.28	Estable
ELEMENTOS DE DESGASTE	48.00%	Crítico	13.12	Estable
CARRILERÍA	49.60%	Crítico	12.80	Estable

Tabla 24: Comparativa de Índice de Percepción del Cliente %

COMPARATIVA DEL IPC %			
SISTEMA	INICIAL	PROPUESTA	% DE MEJORA
MOTOR DIESEL	50.40%	66.40%	31.75%
ELEMENTOS DE DESGASTE	48.00%	65.60%	36,67%
CARRILERÍA	49.60%	64.00%	29.03%

Según el análisis de la Tabla N° 24, se constata que la evaluación del plan de mantenimiento vigente del motor diésel registró un puntaje del 50.40%, mientras que nuestra propuesta para el nuevo plan de mantenimiento logró un 66.40% de éxito. Esto implica una mejora del 31.75% en la percepción del cliente, transitando desde un estado crítico hacia una valoración de estado estable, en caso de implementación de nuestra propuesta.

Con respecto al sistema de elementos de desgaste afirmamos que la evaluación del plan de mantenimiento actual fue de 48.00%, frente a la evaluación de nuestra propuesta del nuevo plan de mantenimiento es de 65.60%, lo que indica una mejora en la evaluación de percepción del cliente en 36.67%, pasando de una evaluación de estado crítico a una evaluación de la percepción en estado estable si nuestro plan de mantenimiento se diera su implementación.

Y por último para el sistema de Carrilería, afirmamos que la evaluación del plan de mantenimiento actual fue de 49.60%, frente a la evaluación de nuestra propuesta del nuevo plan de mantenimiento es de 64.00%, lo que indica una mejora en la evaluación de percepción del cliente en 29.03%, pasando de una evaluación de estado crítico a una evaluación de la percepción en estado estable si nuestro plan de mantenimiento se diera su implementación.

Stock de Repuestos.

En la actualidad la compañía minera cuenta con un control de inventario de repuestos inadecuado, este sistema no cuenta con un control como alertas ante posibles desabastecimientos ya que el actual sistema de control no maneja stocks mínimos ni tampoco realiza reposición automática. Esto genera que muchas de las reparaciones imprevistas sean parcialmente reparadas, a ello se suma la demora por parte de logística en solicitar los repuestos a proveedores.

El actual proceso de requerimiento de repuestos es totalmente engorroso, puesto que la solicitud lo realiza el personal técnico, que luego se envía a M50 que se denomina líder de mantenimiento, derivando al M5 quien es el supervisor de guardia quien aprueba, para luego enviarlo a planificación de flota quien da visto bueno y procede a solicitar cotizaciones, luego dichas cotizaciones retornan y recién se realiza el requerimiento respectivo.

Todo este proceso de solicitud de repuestos genera baja confiabilidad de los equipos y por ende baja disponibilidad. El nuevo plan de mantenimiento propone que el control de inventarios sea revisado y se proponga un nuevo proceso más ágil.

La encuesta como herramienta utilizada, nos ha ayudado a determinar cómo se encuentra el mantenimiento de los tractores sobre orugas en la minera, para lo cual con el método utilizado que es el Alfa de Cronbach, nos permite observar el nivel de fiabilidad. Por lo que se concluye que la encuesta aplicada fue la correcta.

IV. DISCUSIÓN

1. Los resultados obtenidos en el Pre-Test revelan un puntaje total de 12.6, lo que equivale a un 42.33%, lo que indica un nivel crítico de aceptación, correspondiente a una calificación de 8.47 sobre 20. Esto sugiere que el personal encargado del mantenimiento tiene una percepción negativa o insatisfactoria del plan actual de mantenimiento preventivo.

2. El puntaje obtenido en el Post-Test mejora significativamente, alcanzando un total de 16.6, es decir, un 66.66%, lo que corresponde a una calificación de 13.33 sobre 20. Este cambio en los resultados indica una mejora en la percepción del personal respecto al plan propuesto después de la implementación de las mejoras en el proceso de mantenimiento.

3. Al comparar los resultados del Pre-Test y Post-Test, la diferencia en los puntajes promedio muestra una mejora significativa. La diferencia total entre los puntajes es de -4, lo que da un valor de $D_i^2=3.76$, evidenciando una mejora cuantificable en la aceptación del personal. El cálculo de los promedios de aceptación muestra que el nivel de aceptación del personal respecto al sistema actual es de 2.52, mientras que el nivel de aceptación respecto al sistema propuesto es de 3.32.

4. Para probar la hipótesis, se utilizó una prueba t de Student con un nivel de significancia de 5%. La hipótesis nula H_0 sostiene que el nivel de aceptación del personal respecto al plan actual es mayor o igual al nivel de aceptación del plan propuesto. Por otro lado, la hipótesis alternativa H_a plantea que el nivel de aceptación respecto al plan propuesto es mayor que el del plan actual. Los resultados obtenidos, con una diferencia significativa en los puntajes y el valor crítico de -2.132 , permiten rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa. Esto confirma que la implementación del plan propuesto mejora el nivel de aceptación del personal.

En conclusión, la investigación demuestra que el plan de mantenimiento preventivo propuesto ha logrado mejorar la percepción y aceptación del personal respecto al sistema de mantenimiento de los tractores Komatsu D375A-5, validando la

hipótesis de que un cambio en el plan de mantenimiento tiene un impacto positivo en la satisfacción del personal encargado.

La propuesta del nuevo plan de mantenimiento, basada en las recomendaciones del manual del fabricante, demostró ser eficaz. La implementación de este plan resultó en una mejora de la evaluación IPC (Indicador de Performance Comparativa): un incremento del 31.75% para el Motor Diesel, 36.67% para los Elementos de Desgaste y 29.03% para el Sistema de Carrilería. Estas mejoras reflejan una mejor gestión del mantenimiento preventivo y un impacto positivo en la disponibilidad de los equipos.

En conjunto, los resultados obtenidos destacan que un enfoque integral, que combine un diagnóstico preciso, capacitación técnica y la implementación de pautas del fabricante, puede mejorar significativamente la percepción del personal y la efectividad del mantenimiento preventivo en equipos críticos como los tractores modelo D375A-5.

V. CONCLUSIONES

La aceptación media del personal respecto al plan de mantenimiento preventivo del motor diésel utilizando el sistema vigente es de 2.52 (22.52%), en una escala de 1 a 5 (100%). La implementación del sistema sugerido conduce a un incremento de este nivel a 3.32 (66.40%), lo que representa un aumento moderado de 0.80 puntos (16%), lo que sugiere una transición del nivel de Desaprobación Simple hacia el de Aceptación Simple.

Con respecto al plan de mantenimiento preventivo del sistema de elementos de desgaste, la aceptación media con el sistema vigente es de 2.36 (22.36%). Mediante la implementación del sistema propuesto, este valor se incrementa a 3.12 (62.40%), lo que representa un incremento moderado de 0.76 puntos (15.20%), además de avanzar desde el nivel de Desaprobación Simple hasta el de Aceptación Simple.

El grado medio de aceptación del personal en relación con el plan de mantenimiento preventivo del sistema de carrilería se sitúa en 2.48 (22.48%) con el sistema vigente, incrementándose a 3.20 (64%) con la propuesta presentada. Esto implica una mejora moderada de 0.72 puntos (14.40%), efectuando una transición equivalente desde el nivel de Desaprobación Simple hacia el nivel de Aceptación Simple.

Se diagnosticó el actual plan de mantenimiento preventivo, logrando identificar la data de dos años que nos muestra como el MTBF tiende a decrecer, en tanto el MTTR logra un incremento, lo cual nos demuestra que el tiempo empleado para reparar una falla ha incrementado, por la complejidad de las mismas. Por tanto, se obtiene como resultado una baja disponibilidad de los tractores sobre orugas modelo D375A-5.

Se analizó, la información recopilada y mediante el diagrama de Pareto se pudo identificar las principales fallas del sistema de los tractores sobre orugas modelo D375A-5, que originan paradas no programadas las cuales afectan de manera significativa su disponibilidad. Teniendo como resultado tres sistemas: El motor Diesel, elementos de desgaste y sistema de carrilería.

Se analizó el cumplimiento de las competencias técnicas, concluyendo que el personal encargado de dar mantenimiento y alargar la vida útil de los equipos, no se encuentra capacitada para poder solucionar los problemas que presentan las máquinas. Por el escaso cumplimiento de los cursos a los técnicos.

Se elaboró la propuesta del nuevo plan de mantenimiento, siguiendo las pautas del manual del fabricante con el objetivo de mejorar en la mantención de los equipos y poder alcanzar la máxima disponibilidad. Ver anexo N° 25, N° 26 y N° 27.

Se desarrolló la evaluación IPC de las principales fallas en los tres sistemas de los tractores sobre orugas modelo D375A-5. Obteniéndose mejoras del 31.75% para el Motor Diesel, 36.67% para elementos de desgaste y 29.03% del sistema de carrilería. (Anexo A2).

Se diagnosticó el actual plan de mantenimiento preventivo, logrando identificar la data de dos años que nos muestra como el MTBF tiende a decrecer, en tanto el MTTR logra un incremento, lo cual nos demuestra que el tiempo empleado para reparar una falla ha incrementado, por la complejidad de las mismas. Por tanto, se obtiene como resultado una baja disponibilidad de los tractores sobre orugas modelo D375A-5.

VI. RECOMENDACIONES

Se aconseja llevar a cabo una auditoría externa especializada en técnicas de mantenimiento preventivo, mantenimiento enfocado en la confiabilidad y mantenimiento productivo integral, con el objetivo de identificar aquellos elementos del proceso que presenten deficiencias y establecer una estrategia apropiada para su resolución.

Contar con personal especializado en el área de confiabilidad como en análisis de falla, análisis causa raíz para realizar los estudios de los históricos de falla y proponer planes de acción a corto, mediano y largo plazo para mejorar la confiabilidad de la flota de tractores sobre orugas marca Komatsu modelo D375A-5 de la minera.

La implementación inmediata del nuevo plan de mantenimiento propuesto tiene como objetivo incrementar la fiabilidad y disponibilidad de la flota, reducir de manera sistemática las paradas imprevistas y cumplir con los programas de minado en operaciones, además de reducir los costos asociados al mantenimiento.

Desarrollar o adquirir un software especializado para el control de manejo de las existencias de repuestos. Dada la magnitud del crecimiento del área de mantenimiento.

Implementar el programa de capacitaciones propuestos para aumentar de manera considerable las competencias del personal técnico para reducir los tiempos de reparación.

REFERENCIAS

- Arata Andreani, Adolfo. 2009. Ingeniería y Gestión de la Confiabilidad Operacional en Plantas Industriales. Santiago de Chile: RIL Editores, 2009.
- Ávila, Rubén. 2022. Fundamentos de Mantenimiento. México: Limusa S.A, 2022.
- Bamber, Greg, et al. Lean Production and Beyond. Nueva York: Routledge, 2014.
- Diego, García. 2016. Evaluación y Planteamiento de Mejoras en la Gestión de Mantenimiento del Taller de Vehículos de Mina Loma de Níquel. Caracas: s.n., 2016.
- Francisco, Rey. 2021. Manual del mantenimiento Integral de la Empresa. Madrid: Fundación Confemetal, 2021. ISBN - 8495428180.
- Fuentes de la Peña, Noé. Análisis y Mejora de Métodos de Trabajo. Ciudad de México: Ediciones Garceta, 2021.
- García Garrido, Santiago. 2003. Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Madrid: Ediciones de santos S.A, 2003.
- Gonzáles Fernández, Francisco Javier. 2023. Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado. Madrid: Fundación Confemetal, 2023. 84-96169-03-0.
- Gutiérrez Pulido, Humberto, y Luis de la Vara Salazar. Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. 3ra edición. México: McGraw-Hill, 2018.
- Gutiérrez Villalobos, Rubén Darío. Mantenimiento Predictivo y Proactivo. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2019.
- Heizer, Jay, y Barry Render. Principios de Administración de Operaciones. 12va edición. México: Pearson, 2017.
- Hernández Sampieri, Roberto, Carlos Fernández Collado, y Pilar Baptista Lucio. Metodología de la Investigación. 6ta edición. México: McGraw-Hill, 2014.
- Kjell, Zandin. 2015. Maynard Manual del Ingeniero Industrial. Quinta. México D.F.: Mc Graw-Hill Interamericana, 2015. Vol. II. ISBN 970-10-4797-4 Tomo II.
- Komatsu Ltd. D375A-5 Bulldozer Operation and Maintenance Manual. Komatsu, 2019.

- Krause, P. E. Preventive Maintenance for Industrial Equipment. New York: McGraw-Hill, 2019.
- Lee Medina, Hugo. 2011. Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo Asistido por Técnicas Predictivas en Equipos Críticos del Sector de Molienda en Empresas Cementeras con Vista al Aumento de su Fiabilidad Operacional. Trujillo: s.n., 2011.
- López Orozco, Amílcar Jeremías. 2019. Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo en Maquinaria para el uso de Construcción de carreteras en la Empresa CODIPA S.A. Guatemala: s.n., 2019.
- Maldonado Villavicencio, Hernán y Sigüenza Maldonado, Luis. 2022. Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo para Maquinaria Pesada de la Empresa Minera Dynasty Mining de Cantón Portovelo. Ecuador: s.n., 2022.
- Mantenimiento Mundial. Altmann, Carolina. 2010. Uruguay: s.n., 2010.
- Mobley, R. K. Maintenance Engineering Handbook. 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2018.
- Muñoz Abella, Belén. 2021. Mantenimiento Industrial. Madrid: s.n., 2021.
- Nakajima, S. Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.
- Nieto Vilardell, Eugenio. 2013. Mantenimiento Industrial Práctico. S.l.: Ediciones Fidestec, 2013.
- Organización y Gestión Integral del Mantenimiento. Madrid: Ediciones de Santos S.A, 2023.
- Palomino Gutiérrez, Luis. Optimización de Procesos Industriales. Lima: Ediciones UPC, 2017.
- Pérez López, Cecilia. Gestión Integral del Mantenimiento. 2da edición. Madrid: Ediciones Paraninfo, 2020.
- Rodríguez Soles, Richard Cristóbal. 2018. Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo Para la Máquina Excavadora en la Empresa CIESA SAC de la Ciudad de Trujillo. Trujillo: s.n., 2018.
- Slack, Nigel, Alistair Brandon-Jones, y Robert Johnston. Administración de Operaciones. 8va edición. México: Pearson, 2017.

- Smith, R., & Hawkins, B. Lean Maintenance: Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share. New York: Elsevier, 2014.
- Tarí Guilló, Juan José. Gestión de la Calidad Total: Fundamentos y Aplicaciones. 4ta edición. Madrid: Ediciones Pirámide, 2018.
- Toro Osorio, Juan Carlos y Céspedes Gutierrez, Pedro Alejandro. Metodología para medir Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad en Mantenimiento.
- Vallhonrat Bou, Josep María. 2018. Introducción a la Ingeniería Industrial 2da Edición. Barcelona: Reverté S.A, 2018. 84-291-2691-0.
- Vilanova, Mariano. Mantenimiento Total y Productivo. Buenos Aires: Ediciones del Subsuelo, 2016.
- Wireman, T. Developing Performance Indicators for Managing Maintenance. New York: Industrial Press, 2015

ANEXOS

Anexo A1: Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Plan de Mantenimiento (V. Independiente)	Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas programadas y no programadas, siguiendo algún tipo de criterio y que incluye una serie de equipos.	Es el resultado específico que pretende alcanzar la organización a mediano y largo plazo, mediante el cumplimiento de las actividades programadas (revisión, ajustes, lubricación, calibración, u otras, etc.) para poder mantener y alargar la vida útil de los equipos.	Tiempo Medio Entre Fallas (TMBF) Tiempo Medio para Reparar (MTTR)	Escala de Intervalo
Disponibilidad (V. Dependiente)	Es la capacidad de un componente que trabaja continuamente, bajo condiciones dadas, durante un período de tiempo dado.	Es el valor real de la disponibilidad obtenido en la operación diaria. Este valor refleja el nivel de recursos del mantenimiento, así como la efectividad organizacional.	Tiempo Medio Entre Fallas (TMBF) Tiempo Medio para Reparar (MTTR)	Escala de Intervalo

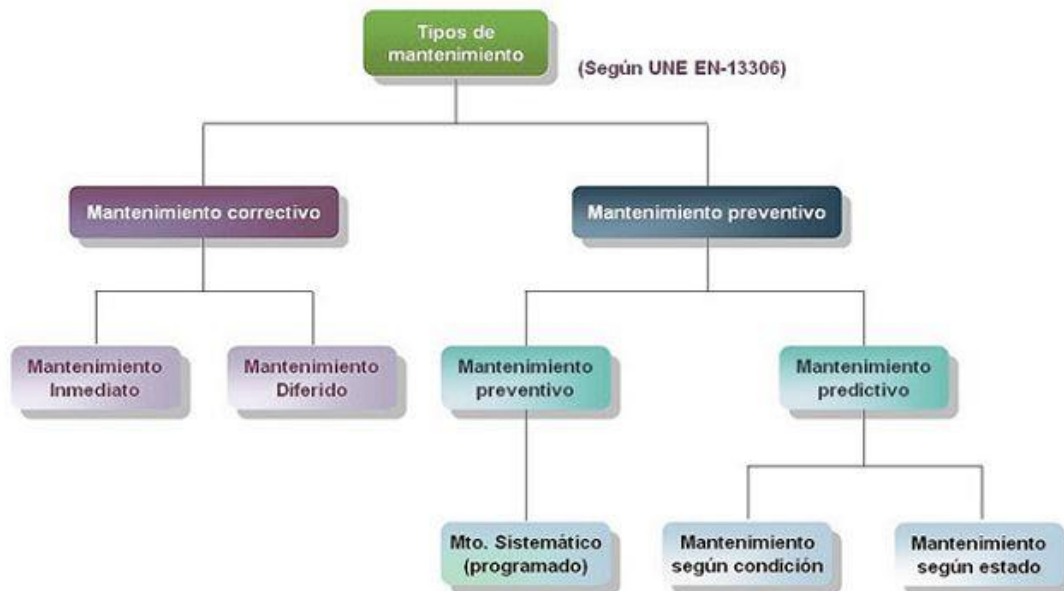
Anexo A2: Comparativa del IPC %

COMPARATIVA DEL IPC %			
SISTEMA	INICIAL	PROPUESTA	% DE MEJORA
MOTOR DIESEL	50.40%	66.40%	31.75%
ELEMENTOS DE DESGASTE	48.00%	65.60%	36,67%
CARRILERÍA	49.60%	64.00%	29.03%

Anexo B1: Etapas de la Evolución del Mantenimiento Industrial



Anexo B2: Tipos de Mantenimiento



Anexo B3: Mantenimiento Productivo Total



Anexo C1: MTBF (Mid Time Between Failure, tiempo medio entre fallos)

Nos permite conocer la frecuencia con que suceden las averías:

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de Horas totales del periodo de tiempo analizado}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

Anexo C2: MTTR (Mid Time To Repair, tiempo medio de reparación)

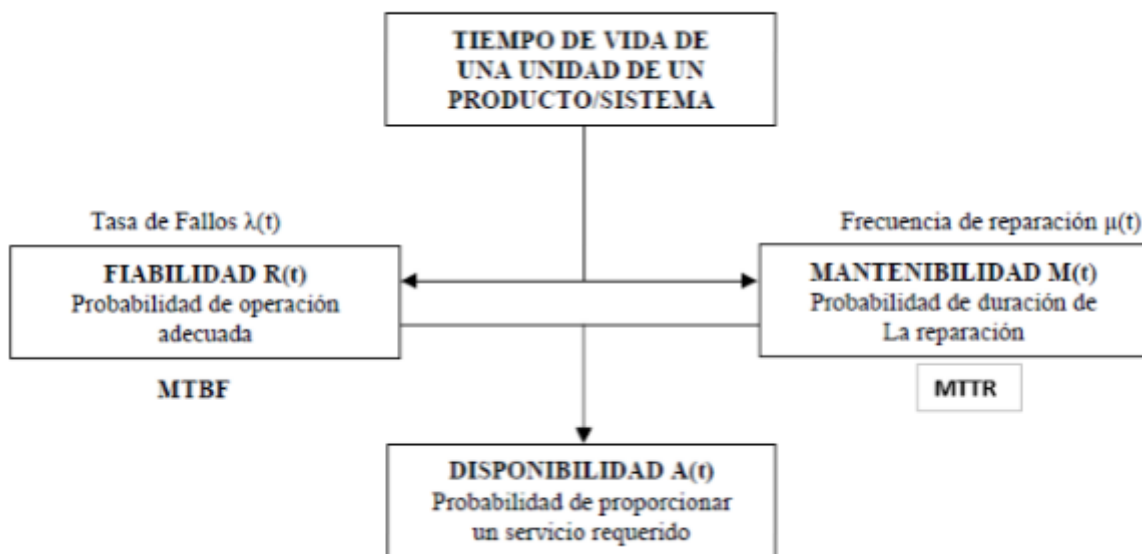
Nos permite conocer la importancia de las averías que se producen en un equipo considerando el tiempo medio hasta su solución.

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro por avería}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

Anexo C3: Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF}$$

Anexo C4: Indicadores de Mantenimiento



Anexo D1: Tractor sobre Neumático



Anexo D2: Tractor sobre Orugas Modelo D375-A



Anexo D3: Elementos del Tractor Sobre Orugas Modelo D375A-5



Anexo D4: Elevada Productividad y Menor Consumo del Tractor Sobre Orugas Modelo D375A-5



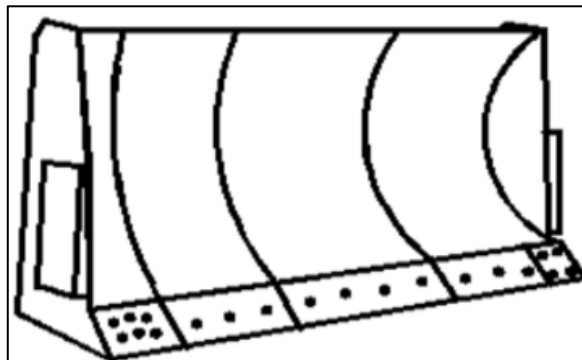
Anexo D5: Interior de Cabina del Tractor Sobre Orugas Modelo D375A-5



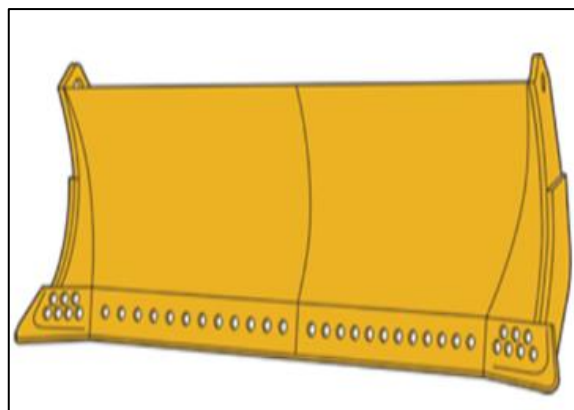
Anexo D6: Mandos Vanguardistas del Tractor Sobre Orugas Modelo D375A-5



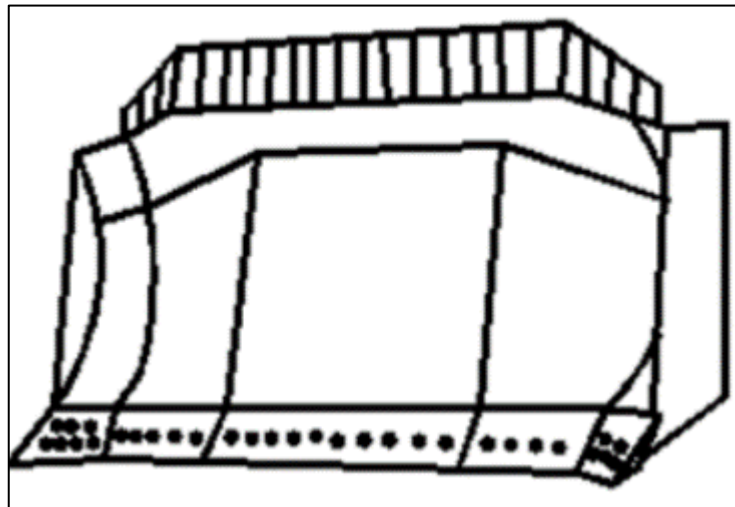
Anexo D7: Hoja "S" Recta del Tractor Sobre Orugas Modelo D375A-5



Anexo D8: Hoja "U" Universal del Tractor Sobre Orugas Modelo D375A-5



Anexo D9: Hoja "SU" Semi-Universal del Tractor Sobre Orugas Modelo D375A-5



Anexo D9: Desgarrador o Ripper del Tractor Sobre Orugas Modelo D375A-5



Anexo D10: Empuje de tierra del Tractor Sobre Orugas Modelo D375A-5



Anexo D11: Nivelación de tierra del Tractor Sobre Orugas Modelo D375A-5



Anexo D12: Proyecto de Accesos del Tractor Sobre Orugas Modelo D375A-5

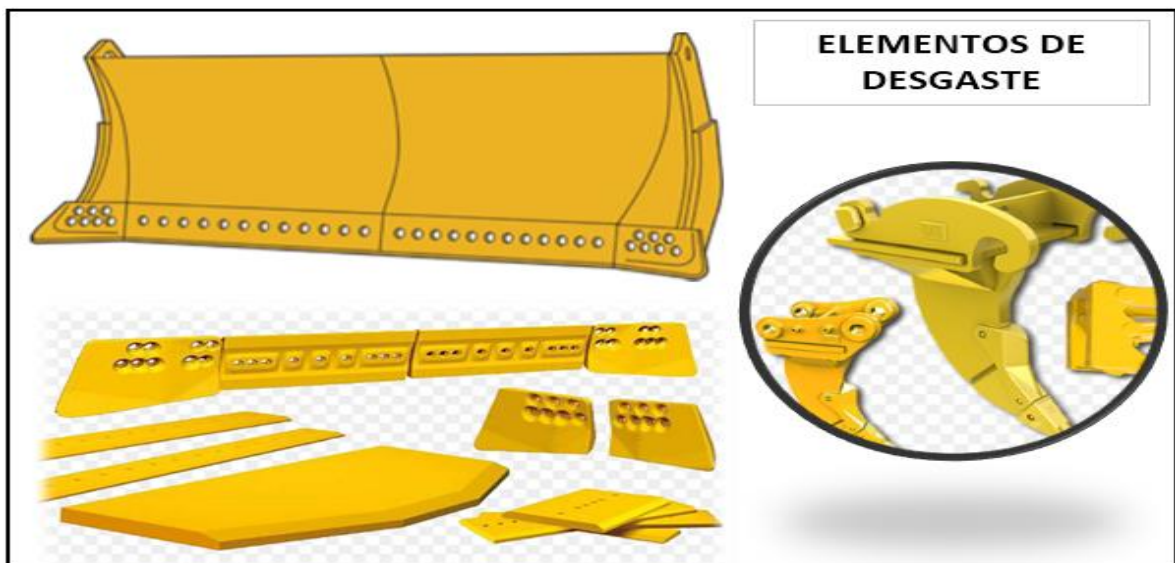


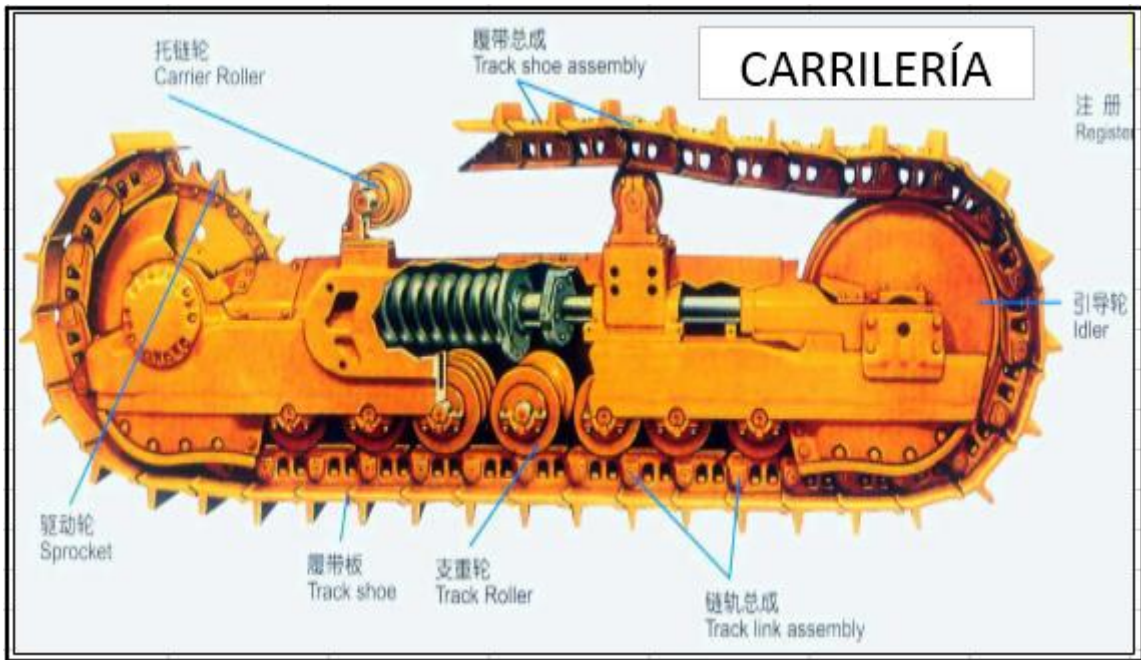
Anexo D13: Limitaciones de Trabajo del Tractor Sobre Orugas Modelo D375A-5

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	SU EMPLEO	VENTAJAS	LIMITACIONES
Camino de acceso	Desviaciones y pasos provisionales.		Rocas expuestas no dinamitadas.
Desmante	Remoción de árboles, material, tierra.		Arboles grandes.
Limpieza superficial	Despalme de la capa superficial para plataforma.	Rendimiento elevado en cortes ligeros.	Acarreo deficiente en distancias largas.
Trabajos preliminares	Sistema de drenaje abierto, principio de relleno.	Puede trabajar en áreas restringidas.	Rocas expuestas, acarreo deficiente en distancias largas.

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	SU EMPLEO	VENTAJAS	LIMITACIONES
Excavaciones con acarreo corto	Rellenos, cortes, principio de relleno en obras de arte.	Movilidad y gran volumen de proporción.	Rocas
Excavaciones con acarreo largo		Solo como emergencia.	
Taludes		Equipo adecuado.	
Extendido	Material en montones provenientes de acarreo de camiones.	Empuje del material en cualquier dirección hacia el lugar de destino.	Inapropiado para el acabado final.
Rellenos	Reposición del material en zanjas.	Fácil de maniobrar.	
Compactación	Compactación ligera en material de relleno.	Gran ayuda al extender capas delgadas mientras se aplana.	
Acabado	Afinamiento de la rasante.	Maniobra rápida, tanto a los costados y hacia adelante.	No se puede hacer el acabado final.

Anexo D14: Sistemas con Fallas Recurrentes – Tractor Sobre Orugas Modelo D375A-5





Anexo E: Reporte de Ordenes de Trabajo - Tractor Sobre Orugas Marca Komatsu

Archivo	Fin Parada	SISTEMA	Orden Trabajo	Descripción Orden	Creador	Fecha de INICIO
	42934,39846	MOTOR DIESEL	4284947	HUMO BLANCO POR TUBO DE ESCAPE	JOGONZALEZ	02-ene.-24
LN1-1124-DOZ005	42006,75	MOTOR DIESEL	4618911	RECALENTAMIENTO DE MOTOR DIESEL	JMEJIA	02-ene.-24
LN1-1124-DOZ002	42094,586	MOTOR DIESEL	4312342	RESUMEN DE ACEITE POR BLOQUE DE CULATA	ALMEDINA	04-ene.-24
LN1-1124-DOZ004	42635,984	MOTOR DIESEL	4312507	BAJA PRESIÓN DE ACEITE MOTOR	JOGONZALEZ	05-ene.-24
LN1-1124-DOZ003	42948,234	MOTOR DIESEL	4355865	CAMBIO DE FILTRO DE AIRE	JMEJIA	05-ene.-24
LN1-1124-DOZ002	42008,41667	MOTOR DIESEL	4622195	EVALUACIÓN DE MOTOR DIESEL POR RECALENTAMIENTO	ALMEDINA	05-ene.-24
LN1-1124-DOZ004	42056,192	MOTOR DIESEL	4398328	EVALUACIÓN DE RESUMEN DE ACEITE POR RETEN DEL CIGÜEÑAL	JOGONZALEZ	07-ene.-24
LN1-1124-DOZ006	42014,209	MOTOR DIESEL	4435762	EVALUANDO RUIDO EXTRAÑO EN EL INTERNO DEL MOTOR	JMEJIA	08-ene.-24
LN1-1124-DOZ005	42075,598	MOTOR DIESEL	4456897	EVALUACIÓN HUMO BLANCO POR TUBO DE ESCAPE	JMEJIA	09-ene.-24
LN1-1124-DOZ003	42019,354	MOTOR DIESEL	4510915	RELLENANDO ACEITE DE MOTOR	ALMEDINA	10-ene.-24
LN1-1124-DOZ005	42056,354	MOTOR DIESEL	4522653	RESUMEN DE ACEITE POR TAPON DE CARTER	JOGONZALEZ	12-ene.-24
LN1-1124-DOZ002	42645,765	MOTOR DIESEL	4567349	CAMBIO DE TAPA DEL RADIADOR	JSALASI	14-ene.-24
LN1-1124-DOZ004	42037,3547	MOTOR DIESEL	4571438	REVISIÓN ARRANQUE DE MOTOR	ALMEDINA	15-ene.-24
LN1-1124-DOZ005	42004,2435	MOTOR DIESEL	4571824	AJUSTAR PERNOS DEL BLOCK DE CULATA	JOGONZALEZ	18-ene.-24
LN1-1124-DOZ002	42021,82637	MOTOR DIESEL	4637472	(APS) AGREGAR ACEITE AL MOTOR	RMENDOZA	18-ene.-24
LN1-1124-DOZ003	42023,675	MOTOR DIESEL	4638052	(APS) CAMBIO DE MANGUERA DE REFRIGERANTE	JSALASI	19-ene.-24
LN1-1124-DOZ003	42024,897	MOTOR DIESEL	4575461	EVALUANDO BAJA POTENCIA DEL MOTOR DIESEL	ALMEDINA	20-ene.-24
LN1-1124-DOZ005	42027,75	MOTOR DIESEL	4643858	[KMMP] CAMBIO FAJA VENTILADOR MOTOR	ALMEDINA	23-ene.-24
LN1-1124-DOZ002	42028,8125	MOTOR DIESEL	4644103	[KMMP] CAMBIO DE FAJA DE ALTERNADOR	ALMEDINA	24-ene.-24
LN1-1124-DOZ002	42024,345	MOTOR DIESEL	4624568	AJUSTES DE SOPORTES DEL MOTOR MUCHO VIBRA MOTOR	JOGONZALEZ	25-ene.-24
LN1-1124-DOZ004	42029,6667	MOTOR DIESEL	4644604	[KMMP] ALTA TEMPERATURA MOTOR	ALMEDINA	25-ene.-24
LN1-1124-DOZ003	42031,5	MOTOR DIESEL	4646314	[KMMP] EVALUACIÓN POR INCREMENTO DE LA T° DE OPERACIÓN DEL MOTOR DIESEL	ALMEDINA	27-ene.-24
LN1-1124-DOZ002	42034,33333	MOTOR DIESEL	4467777	PM 250HRS REPARACIÓN POR SOLDADURA D375A-5	JOGONZALEZ	30-ene.-24
LN1-1124-DOZ002	42034,01042	MOTOR DIESEL	4649410	(APS) Bajas rpm de motor	PBRICEÑO	30-ene.-24
LN1-1124-DOZ004	42034,02847	MOTOR DIESEL	4649411	(APS) Relleno de aceite de motor	PBRICEÑO	30-ene.-24
LN1-1124-DOZ002	42033,875	MOTOR DIESEL	4649513	[KMMP] EVALUACIÓN POR PÉRDIDA DE POTENCIA DEL MOTOR DIESEL EN CAMPO	ALMEDINA	30-ene.-24

Anexo F Encuesta IPC Sistemas del Tractor Sobre Orugas Marca Komatsu

"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS TRACTORES MARCA KOMATSU MODELO D375A-5"

INSTRUCCIONES

Emplee un lápiz o un bolígrafo de tinta negra para rellenar el cuestionario. Al hacerlo, piense en lo que sepa sobre los enunciados. No hay respuesta correcta o incorrecta.

Estas simplemente reflejan su opinión personal. Todas las preguntas tienen cinco opciones de respuesta, elija la que mejor describa lo que piensa usted. Solo una opción.

Marque con calidad la opción con una cruz. Recuerde no se debe marcar dos opciones

1	2	3	4	5
DEFICIENTE	MALO	REGULAR	BUENO	EXCELENTE

SISTEMA MOTOR DIESEL		PUNTAJE				
		1	2	3	4	5
1	Cómo calificaría Ud. La confiabilidad de las reparaciones realizadas a los motores diesel					
2	Cómo calificaría Ud. Las competencias recibidas por parte del personal técnico para intervenir el motor diesel					
3	Cómo calificaría Ud. Las inspecciones realizadas al tractor Komatsu D375A-5 y el levantamiento de las observaciones respecto al motor diesel					
4	Cómo calificaría Ud. La logística de repuestos para las reparaciones del motor diesel					
5	Cómo calificaría Ud. El apoyo técnico del fabricante respecto a las fallas presentadas en el motor diesel					

ELEMENTOS DE DESGASTE

1	Cómo calificaría Ud. Las reparaciones al sistema de equipo de trabajo frontal, posterior					
2	Cómo calificaría Ud. El tiempo empleado para la reparación de los elementos de desgaste					
3	Cómo calificaría Ud. La duración de los elementos de desgaste alternativos					
4	Cómo calificaría Ud. La logística de respuesta para los elementos de desgaste					
5	Cómo calificaría Ud. El apoyo técnico del fabricante respecto a la vida útil de los elementos de desgaste frecuente.					

SISTEMA DE CARRILERÍA

1	Cómo calificaría Ud. Las reparaciones al sistema de carrilería					
2	Cómo calificaría Ud. Los procedimientos realizados para reparar el sistema de carrilería					
3	Cómo calificaría Ud. Las inspecciones realizadas al tractor Komatsu D375A-5 y el levantamiento de las observaciones respecto al sistema de carrilería					
4	Cómo calificaría Ud. El apoyo técnico del fabricante respecto a las fallas presentadas en el motor diesel					
5	Cómo calificaría Ud. El tiempo empleado para la reparación de los elementos del sistema de carrilería					

Anexo G: Tabla TStudent

α f	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	0,685	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,768
24	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	0,684	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	0,684	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27	0,684	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,689
28	0,683	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,660
30	0,683	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
40	0,681	0,851	1,050	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
60	0,679	0,848	1,045	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
120	0,677	0,845	1,041	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373
∞	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,290

Anexo I1: Mantenimiento Programado 250 Horas – PM1

MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRACTOR D375A-5 250 HORAS - PM1

Código Equipo: Hora Inicio:
 Horómetro: Hora Término:
 Fecha: Responsable:

		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
MOTOR				
1	Cambiar Aceite de Motor Diesel (Rimula Super 15 W40)			
2	Cambiar Filtros de Aceite Motor Diesel			
3	Drenar Agua de Combustible			
4	Chequear Líneas de Lubricacion Turbos			
5	Chequear Fugas de Combustible			
6	Chequear Fugas de Aceite			
7	Nivel Aceite Motor			
8	Temperatura Motor			
9	Limpiar filtro de aire primario			
10	Chequear Ductos de Admision (Estado)			
11	Chequear Estado de Union de Goma Y Abrazaderas			
12	Revisar funcionamiento del freno			
13	Limpieza de la caja de los filtros de aire primario y secundario.			
14	Presion Aceite Motor			
SISTEMA 24 Volt, Revisar:				
		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Carga de Alternador de 24 Volt			
2	Chequear Carga de Baterias, nivel del líquido (1 cm, Sobre Placas)			
3	Funcionamiento de Luces Frontales			
4	Funcionamiento de Luces Traseras			
5	Indicadores Analogos de Monitor en Cabina			
6	Chequear y Limpiar Bornes de Baterias			
7	Chequear Alternador de 24 Volt			
8	Luces de Alarmas(sistema electrico) Apagadas			
9	Sistema AFEX			
SISTEMA DE REFRIGERACION, Revisar:				
		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	LAVAR RADIADOR y Exterior Maquina, revisar la tapa			
2	Chequear Nivel de Refrigerante (Añadir si es Necesario)			
3	Chequear Tension de Correa de Ventilador			
CABINA, Revisar:				
		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Funcionamiento de Calefaccion, aire acondicionado			
2	Chequear Tension de Correa Compresor			
3	Asiento del Operador			
4	Luces de Tableros, sellados de cabina			
5	Funcionamiento de Bocina			
6	Funcionamiento de Limpiaparabrisas			
7	Soplar Interior de Cabina, limpiar vidrios y espejos			
8	Chequear Alarma de Retroceso			
Sistema Hidraulico (Trabajo y Tren de Potencia), Revisar:				
		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Nivel de Aceite Hidraulico (Donax TC 10W), rellene si es necesario.			
2	Nivel de Aceite Dampner (Rellene si es Necesario SHELL DONAX TC30)			
3	Nivel de aceite de mando derecho e izquierdo			
4	En caso de presentar fugas corregir			
5	Fugas de Aceite por Bomba de Trabajo, mangueras			
6	Fugas de Aceite por Cilindro Levante Dozer Derecho /Izquierdo			
7	Fugas de Aceite Cilindro Levante Ripper Derecho/Izquierdo,			
8	Estado de Vastago, Carcaza o rotulas			
9	Fugas de Aceite Cilindro Tilt Ripper Derecho / Izquierdo			
10	Chequear Daños en Vastago, Carcaza o rotulas			
11	Chequear Fugas de Aceite Cilindro Levante Ripper Izquierdo			
12	Fugas de Aceite Valvula Levante de Dozer			

Anexo I2: Mantenimiento Programado 500 Horas – PM2

MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRACTOR D375A-5 500 HORAS - PM2

Código Equipo: Hora Inicio:
 Horómetro: Hora Término:
 Fecha: Responsable:

MOTOR		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Cambiar Aceite de Motor Diesel (Rimula Super 15 W40)			
2	Cambiar Filtros de Aceite Motor Diesel			
3	Drenar Agua de Combustible			
4	Chequear Líneas de Lubricación Turbos			
5	Chequear Fugas de Combustible			
6	Chequear Fugas de Aceite			
7	Nivel Aceite Motor			
8	Temperatura Motor			
9	Cambiar filtro de aire primario			
10	Cambiar Filtros de Petróleo (N/P 600-311-3110 X 02)			
11	Limpia Filtro Separador de Agua de Combustible (Drenar Agua)			
12	Limpia Filtro Malla Bomba de Combustible			
13	Chequear Líneas de Lubricación Turbos			
14	Chequear Fugas de Combustible			
15	Chequear Fugas de Aceite			
16	Evaluación de motor con sistema INSITE.			
17	Chequear Ductos de Admisión (Estado)			
18	Chequear Estado de Unión de Goma Y Abrazaderas			
19	Chequear código de falla y registrar			
20	Revisar funcionamiento del freno			
21	Limpieza de la caja de los filtros de aire primario y secundario.			
22	Presión Aceite Motor			
SISTEMA 24 Volt, Revisar:		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Carga de Alternador de 24 Volt			
2	Chequear Carga de Baterías, nivel del líquido (1 cm, Sobre Placas)			
3	Funcionamiento de Luces Frontales			
4	Funcionamiento de Luces Traseras			
5	Indicadores Analógicos de Monitor en Cabina			
6	Chequear y Limpiar Bornes de Baterías			
7	Chequear Alternador de 24 Volt			
8	Luces de Alarmas(sistema eléctrico) Apagadas			
9	Sistema AFEX			
SISTEMA DE REFRIGERACION, Revisar:		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	LAVAR RADIADOR y Exterior Maquina			
2	Nivel de Refrigerante (Añadir si es Necesario)			
3	TAPA DEL RADIADOR: sello desgastado, roturas, pérdidas			
4	REFRIGERANTE (protección anticongelante), nivel, punto de congelamiento °C(°F)			
5	FAJAS EN V Y POLEAS: Desgastadas, resacas, sueltas			
6	BOMBA DE AGUA: fugas de agua, sonido			
7	PALETA DEL VENTILADOR (rejilla y concentrador): deformación, roturas, pérdidas			
8	LINEAS Y MANGUERAS DE AGUA (abrazaderas): fugas, roturas, sueltas			
9	RESISTOR DE CORROSIÓN: reemplazo periódico			
10	PANAL DEL RADIADOR Y RADIADOR DE ACEITE: obstruido, fugas de agua & aceite, daños en el panel			
11	TUBERÍA DE REBOSE DEL RADIADOR: excesivo flujo de agua			
12	TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE: sobre calentamiento o congelamiento °C(°F)			
13	DEPOSITO DE EXPANSIÓN: nivel, excesivo líquido, fugas, suelto, roturas			
TRANSMISION, Revisar:		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Cambiar filtro de aceite			
2	Revisar niveles de Aceite (aceite donax TC30)			
3	Revisar mangueras de aceite			
4	Medir presión de aceite en los paquetes de freno			

Anexo I3: Mantenimiento Programado 1000 Horas – PM3

MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRACTOR D375A-5 1000 HORAS - PM3

Código Equipo:		Hora Inicio:	
Horómetro:		Hora Término:	
Fecha :		Responsable:	

MOTOR		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Cambiar Aceite de Motor Diesel (Rimula Super 15 W40)			
2	Cambiar Filtros de Aceite Motor Diesel			
3	Drenar Agua de Combustible			
4	Chequear Líneas de Lubricación Turbos, revisar posibles fisuras			
5	Chequear Fugas de Combustible			
6	Chequear Fugas de Aceite			
7	Nivel Aceite Motor			
8	Temperatura Motor			
9	Cambiar filtro de aire primario y secundario			
10	Cambiar Filtros de Petróleo (N/P 600-311-3110 X 02)			
11	Limpiar Filtro Separador de Agua de Combustible (Drenar Agua)			
12	Limpiar Filtro Malla Bomba de Combustible			
13	Chequear Líneas de Lubricación Turbos			
14	Chequear Fugas de Combustible			
15	Chequear Fugas de Aceite			
16	Evaluación de motor con sistema INSITE.			
17	Chequear Ductos de Admisión (Estado)			
18	Chequear Estado de Unión de Goma Y Abrazaderas			
19	Chequear código de falla y registrar			
20	Revisar funcionamiento del freno			
21	Limpiar de la caja de los filtros de aire primario y secundario.			
22	Presión Aceite Motor			

SISTEMA 24 Volt, Revisar:		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Carga de Alternador de 24 Volt			
2	Chequear Carga de Baterías, nivel del líquido (1 cm, Sobre Placas)			
3	Funcionamiento de Luces Frontales			
4	Funcionamiento de Luces Traseras			
5	Indicadores Analógicos de Monitor en Cabina			
6	Chequear y Limpiar Bornes de Baterías			
7	Chequear Alternador de 24 Volt			
8	Luces de Alarmas(sistema eléctrico) Apagadas			
9	Sistema AFEX			

SISTEMA DE REFRIGERACION, Revisar:		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	LAVAR RADIADOR y Exterior Máquina			
2	Cambiar filtro de refrigerante			
3	TAPA DEL RADIADOR: sello desgastado, roturas, pérdidas			
4	REFRIGERANTE (protección anticongelante), nivel, punto de congelamiento. °C(°F)			
5	FAJAS EN V Y POLEAS: Desgastadas, resacas, sueltas			
6	BOMBA DE AGUA: fugas de agua, sonido			
7	PALETA DEL VENTILADOR (rejilla y concentrador): deformación, roturas, pérdidas			
8	LÍNEAS Y MANGUERAS DE AGUA (abrazaderas): fugas, roturas, sueltas			
9	RESISTOR DE CORROSIÓN: reemplazo periódico			
10	PANAL DEL RADIADOR Y RADIADOR DE ACEITE: obstruido, fugas de agua & aceite, daños en el panel			
11	TUBERÍA DE REBOSE DEL RADIADOR: excesivo flujo de agua			
12	TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE: sobre calentamiento o congelamiento °C(°F)			
13	DEPOSITO DE EXPANSIÓN: nivel, excesivo líquido, fugas, suelto, roturas			

TRANSMISION, Revisar:		REALIZADO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Cambiar filtro de aceite			
2	Revisar niveles de Aceite (aceite donax TC30), cambiar si los análisis de aceites lo indican			
3	REALIZAR PM CLINIC, de acuerdo a formato adjunto			
4	Revisar mangueras de aceite			
5	Medir presión de aceite en los paquetes de freno			

Anexo I4: Mantenimiento Programado 2000 Horas – PM4

MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRACTOR D375A-5 2000 HORAS - PM4

Código Equipo:		Hora Inicio:	
Horómetro:		Hora Término:	
Fecha :		Responsable:	

MOTOR	REALIZADO		OBSERVACIONES
	SI	NO	
1 Cambiar Aceite de Motor Diesel (Rimula Super 15 W40)			
2 Cambiar Filtros de Aceite Motor Diesel			
3 Drenar Agua de Combustible			
4 Chequear Lineas de Lubricacion Turbos, revisar posibles fisuras			
5 Chequear Fugas de Combustible			
6 Chequear Fugas de Aceite			
7 Nivel Aceite Motor			
8 Temperatura Motor			
9 Cambiar filtro de aire primario y secundario			
10 Cambiar Filtros de Petroleo (N/P 600-311-3110 X 02)			
11 Limpiar Filtro Separador de Agua de Combustible (Drenar Agua)			
12 Limpiar Filtro Malla Bomba de Combustible			
13 Chequear Lineas de Lubricacion Turbos			
14 Chequear Fugas de Combustible			
15 Chequear Fugas de Aceite			
16 Evaluacion de motor con sistema INSITE.			
17 Chequear Ductos de Admision (Estado)			
18 Chequear Estado de Union de Goma Y Abrazaderas			
19 Chequear código de falla y registrar			
20 Revisar funcionamiento del freno			
21 Limpieza de la caja de los filtros de aire primario y secundario.			
22 Presion Aceite Motor			

SISTEMA 24 Volt, Revisar:	REALIZADO		OBSERVACIONES
	SI	NO	
1 Carga de Alternador de 24 Volt			
2 Chequear Carga de Baterías, nivel del líquido (1 cm, Sobre Placas)			
3 Funcionamiento de Luces Frontales			
4 Funcionamiento de Luces Traseras			
5 Indicadores Analogos de Monitor en Cabina			
6 Chequear y Limpiar Bornes de Baterías			
7 Chequear Alternador de 24 Volt			
8 Luces de Alarmas(sistema electrico) Apagadas			
9 Sistema AFEX			

SISTEMA DE REFRIGERACION, Revisar:	REALIZADO		OBSERVACIONES
	SI	NO	
1 LAVAR RADIADOR y Exterior Maquina			
2 Cambiar filtro de refrigerante			
3 TAPA DEL RADIADOR: sello desgastado, roturas, perdidas			
4 REFRIGERANTE (protección anticongelante), nivel, punto de congelamiento °C(°F)			
5 FAJAS EN V Y POLEAS: Desgastadas, resecas, sueltas			
6 BOMBA DE AGUA: fugas de agua, sonido			
7 PALETA DEL VENTILADOR (rejilla y concentrador): deformación, roturas, perdidas			
8 LINEAS Y MANGUERAS DE AGUA (abrazaderas): fugas, roturas, sueltas			
9 RESISTOR DE CORROSIÓN: reemplazo periódico			
10 PANAL DEL RADIADOR Y RADIADOR DE ACEITE: obstruido, fugas de agua & aceite, daños en el panal			
11 TUBERÍA DE REBOSE DEL RADIADOR: excesivo flujo de agua			
12 TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE: sobre calentamiento o congelamiento °C(°F)			
13 DEPOSITO DE EXPANSIÓN: nivel, excesivo líquido, fugas, suelto, roturas			

TRANSMISION, Revisar:	REALIZADO		OBSERVACIONES
	SI	NO	
1 Cambiar filtro de aceite			
2 Revisar niveles de Aceite (aceite donax TC30), cambiar si los análisis de aceites lo indican			
3 REALIZAR PM CLINIC, de acuerdo a formato adjunto			
4 Revisar mangueras de aceite			
5 Medir presión de aceite en los paquetes de freno			