

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Trabajo de Investigación

**Optimización en el desempeño de los equipos Komatsu
después de una reparación general en el área de
mantenimiento Mina Tractores de la UO Toquepala
de la empresa Southern Perú, 2019**

Walter Arturo Paja Chire

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Industrial

Arequipa, 2020

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Julio Efraín Postigo Zumarán

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme salud y fuerzas para poder seguir con mis objetivos, por estar guiándome a lo largo de mi vida profesional para ser mejor persona en la sociedad.

A mi familia esposa y mis dos hijas las cuales son el pilar fundamental para poder seguir adelante, la fortaleza que me brindan para nunca darme por vencido y lograr mis metas profesionales.

A mis padres y hermano que siempre están apoyándome en todas mis decisiones, dándome la confianza necesaria para poder tomar retos nuevos siendo estos satisfactorios.

A todas las personas familiares y amistades que formaron parte de esta gran etapa de formación universitaria, por los momentos compartidos de nuevas enseñanzas que aportaron significativamente en el cambio de mi vida.

DEDICATORIA

Dedico este logro a mis padres, los cuales estuvieron siempre apoyándome a lo largo de este gran camino, por enseñarme que todo es posible con esfuerzo y nunca darme por vencido ante las circunstancias. En especial por ser una persona con valores y útil para la sociedad.

A mi esposa Maribel y mis hijas Gia y Valentina que son el motor de mi vida y la fortaleza para poder seguir adelante, me enseñaron a nunca rendirme y que los sueños se hacen realidad, hoy puedo decir meta cumplida y proyecto satisfactorio.

Walter Arturo Paja Chire.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. Justificación e importancia	2
1.4. Hipótesis y descripción de variables	3
1.4.1. Hipótesis	3
1.4.2. Variables	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes del problema	5
2.2. Bases teóricas	7
2.2.1. Sistema de motor	7
2.2.1.1. Fallas en turbocompresor	8
2.2.1.2. Fallas en los inyectores	9
2.2.1.3. Falla en la bomba de combustible	11
2.2.1.4. Rotura u obstrucción de aftercooler	14
2.2.1.5. Fugas de aceite por reten del cigüeñal.	14
2.2.1.6. Fallas en el sistema eléctrico de arranque del equipo	15
2.2.1.7. Fallas en la comunicación del controlador de motor	16
2.2.2. Sistema de transmisión	17
2.2.2.1. Calentamiento del sistema de transmisión	18
2.2.2.2. Neutralización del sistema de transmisión durante operación	20
2.2.2.3. Pérdida de potencia durante el empuje de material	21
2.2.2.4. Mal funcionamiento en el proceso de selección de cambios	21
2.2.2.5. Fallas eléctricas en solenoides de transmisión	22
2.2.3. Sistema hidráulico	23

2.2.3.1.	Elevadas temperaturas del sistema hidráulico	24
2.2.3.2.	Caída del equipo de trabajo delantero y porterior.....	25
2.2.3.3.	Fallas en sensores del sistema hidraulico	25
2.2.4.	Fallas en el tren de carrileria	26
2.3.	Definición de términos basicos	28
2.3.1.	Falla:.....	28
2.3.2.	Turbina:	28
2.3.3.	Turbo compresor:.....	28
2.3.4.	Juego axial y radial:	29
2.3.5.	Sistema cri:.....	29
2.3.6.	Harness:	29
2.3.7.	Aftercooler:	29
2.3.8.	Ecmv:.....	30
2.3.9.	Convertidor de par:	30
2.3.10.	Pccs:.....	31
2.3.11.	Nomenclatura:	32
2.3.12.	Valvula de control:	32
2.3.13.	Bomba hidraulica:	33
2.3.14.	Cinemática:.....	33
2.3.15.	Inyector:.....	34
2.3.16.	Cigüeñal:	34
2.3.17.	Neutralización:.....	34
2.3.18.	Transmisión:	34
2.3.19.	Ecm:	35
2.3.20.	Viscosidad:	35
2.3.21.	Rueda motriz:	35
CAPITULO III.....	36	
METODOLOGÍA.....	36	
3.1.	Metodología aplicada para el desarrollo de la solución	36
3.2.	Alcance de la investigación.....	36
3.3.	Población y muestra	37
3.3.1.	Población	37
3.3.2.	Muestra.....	37
3.4.	Técnicas e instrumento de recolección	37
CAPÍTULO IV	38	

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	38
4.1. Identificación de requerimientos	38
4.2. Análisis de la solución.	40
4.3. Diseño y proceso.....	40
CAPÍTULO V	42
CONSTRUCCIÓN.....	42
5.1. Construcción	42
5.1.1. Formato de inspección general del equipo.....	42
5.1.1.1. Formato de inspección de tractor de orugas d475ax-5.	43
5.1.2. Formato de evaluación del equipo	46
5.1.2.1. Formato para evaluación de tractor d475a-5e0.....	47
5.1.3. Procedimientos de trabajo seguro.....	51
5.1.3.1. Personal.	51
5.1.3.2. Equipos de proteccion personal.	52
5.1.3.3. Equipo/ herramientas/ materiales.....	52
5.1.3.4. Desarrollo en procedimiento de desmontaje de componentes.	52
5.1.3.5. Procedimiento para el desmontaje de motor	53
5.1.3.6. Procedimiento para el desmontaje de transmisión y torque convertidor	56
5.1.4. Informes de trabajo realizados por personal de taller y alineados a proveedores	58
5.1.4.1. Formato de informe técnico	59
5.1.5. Dop de reparación de equipo	60
5.1.6. Diagrama de identificación de problemas	61
5.2. Pruebas y resultados	63
5.2.1. Procedimiento de reparacion mejorado.....	63
5.2.2. Dop de reparación de equipo con pasos adicionales	64
5.2.3. Informe de evaluación para determinar las fallas existentes y conclusiones	65
5.2.4. Resumen de servicios realizados para taller aplicando los formatos adecuados	77
5.2.5. Disponibilidad de equipos para el periodo del 2019	78
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

Lista de tablas

Tabla 1. Operación de variable.	4
Tabla 2. Acoplamiento de embragues según selección.....	20
Tabla 3. Control de horas de los componentes.	39
Tabla 4: Formato De Inspección De Tractor De Orugas D475A-5E0.	43
Tabla 5. Formato para evaluación de motor.....	47
Tabla 6: Formato para evaluación del ventilador.....	48
Tabla 7: Formato evaluación de convertidor de torque.....	48
Tabla 8: Formato de evaluación de transmisión.....	49
Tabla 9. Formato de evaluación del freno.	50
Tabla 10: Presión de aceite del equipo de trabajo.....	50
Tabla 11: Verificación de tiempos de equipo de trabajo.	51
Tabla 12. Plantilla de informe.....	59
Tabla 13. Procedimientos actuales para reparación de equipo.	63
Tabla 14. Evaluación de transmisión.....	68
Tabla 15. Evaluación de convertidor.	68
Tabla 16, Evaluación de transmisión equipo regulado.	70
Tabla 17. Evaluación de transmisión regulada.....	71
Tabla 18, Listado de repuestos a pedir.	76
Tabla 19. Horas de servicios realizados aplicando formatos.....	77
Tabla 20. Disponibilidad de equipos para periodo 2019.	78

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Sistema de combustible CRI y funcionamiento.	10
<i>Figura 2.</i> Rotura del cabezal de la bomba.....	12
<i>Figura 3.</i> Parte interna dañada de la bomba de combustible.....	12
<i>Figura 4.</i> Fisura por la parte interior del cabezal de la bomba.	13
<i>Figura 5.</i> Vista agrietada de la bomba por la parte posterior.	13
<i>Figura 6.</i> Motor de arranque de tipo campo electromagnético.....	16
<i>Figura 7.</i> Tren de potencia.	18
<i>Figura 8.</i> Sistema de enfriamiento de tractor de orugas.....	19
<i>Figura 9.</i> Sistema hidráulico básico para el funcionamiento de un actuador.	24
<i>Figura 10.</i> La imagen muestra el conjunto de tren de rodamiento y sus partes.	27
<i>Figura 11.</i> Radiador secundario y recorrido de flujo de aire.	30
<i>Figura 12.</i> Partes de un convertidor de par.	31
<i>Figura 13.</i> Palanca PCCS. Sistema de control con palma de la mano.	32
<i>Figura 14.</i> Componentes del tractor. Punto 3 ubicación de la válvula.	33
<i>Figura 15.</i> Valores relativos y horas de componentes.....	40
<i>Figura 16.</i> Guardas de motor.	53
<i>Figura 17.</i> Retiro de plataforma de motor.....	53
<i>Figura 18.</i> Retiro de harnees.....	54
<i>Figura 19.</i> Desmontaje del sistema de refrigeración.....	54
<i>Figura 20.</i> Remoción de filtros.	54
<i>Figura 21.</i> Desmontaje de Aftercooler.....	55
<i>Figura 22.</i> Desmontaje de eje cardan.	55
<i>Figura 23.</i> Remoción del motor del equipo.....	55
<i>Figura 24.</i> Retiro de Rops.	56
<i>Figura 25.</i> Retiro harnees del sistema hidráulico.....	56
<i>Figura 26.</i> Retiro de pernos de sujeción de cabina.	56
<i>Figura 27.</i> Desmontaje de tuberías del Sistema Hidráulico.	57
<i>Figura 28.</i> Remoción de ejes.	57
<i>Figura 29.</i> Desmontaje de eje de acoplamiento.	57
<i>Figura 30.</i> desmontaje de transmisión.	58
<i>Figura 31.</i> Dop de proceso de reparación de equipo según tabla	61
<i>Figura 32.</i> Diagrama de Ishikawa.....	62
<i>Figura 33.</i> Dop de proceso de reparación de equipo según tabla 10.....	64

<i>Figura 34.</i> Foto LH del equipo.....	72
<i>Figura 35.</i> Foto RH de Equipo.....	72
<i>Figura 36.</i> Horómetro	72
<i>Figura 37.</i> Placa del equipo.....	72
<i>Figura 38.</i> Filtro strainer limpio.....	72
<i>Figura 39.</i> Presión de alivio del convertidor.....	72
<i>Figura 40.</i> Presión de salida TC.....	73
<i>Figura 41.</i> Presión de entrada TC.....	73
<i>Figura 42.</i> Temperatura del convertidor	73
<i>Figura 43.</i> Temperatura salida TC.....	73
<i>Figura 44.</i> Mal montaje de Válvula.....	73
<i>Figura 45.</i> Desgaste en Base de válvula.....	73
<i>Figura 46.</i> Mala instalación de válvula TC.....	74
<i>Figura 47.</i> Posición adecuada de la válvula.....	74
<i>Figura 48.</i> Presión de alivio TX.....	74
<i>Figura 49.</i> Presión de modulación OK.....	74
<i>Figura 50.</i> Presión de aceite de válvula reductora ok.....	74
<i>Figura 51.</i> Presión de alivio del convertidor Mejorada.....	74
<i>Figura 52.</i> Presión de entrada del convertidor mejorada.....	75
<i>Figura 53.</i> Presión de salida del convertidor mejorada.....	75
<i>Figura 54.</i> Indicador de temperatura operativo.....	75
<i>Figura 55.</i> Calado de transmisión.....	75
<i>Figura 56.</i> Despiece de válvula.....	76

RESUMEN

Hoy en día la minería cumple un factor muy importante para el desarrollo económico y social del país, los grandes empresarios invierten en mejorar las condiciones de la empresa con la finalidad de conseguir la producción de más alta calidad en la extracción del cobre.

Las empresas buscan realizar las mejores reparaciones de equipos. El fin de esto es mejorar los procesos y la disponibilidad para garantizar la vida útil de sus componentes optimizando la producción.

El presente trabajo de investigación busca mejorar los procedimientos de reparación con el fin de reducir los tiempos perdidos en el proceso. Además, busca crear documentos que ayuden al análisis adecuado para las evaluaciones de equipos y mejorar sus resultados.

Tenemos el conocimiento que la empresa cuenta con diferentes proveedores, los cuales realizan las reparaciones de los equipos del área de mantenimiento. Los equipos presentan fallas durante el proceso de reparación y evaluación por lo cual se busca identificar las fallas más comunes y optimizarlas para garantizar el buen funcionamiento de sus componentes y reducir los tiempos de reparación.

La implementación de formatos y procedimientos nos ayudaran a identificar rápidamente las fallas ocurridas en maquinarias, así mismo reducirá tiempos en evaluaciones con el fin de lograr buenos resultados y reducir tiempos en el proceso.

En conclusión, la propuesta planteada permitirá mejorar los procesos realizados en el tractor D475A-5E0 Komatsu, con la finalidad de aprovechar al máximo su rendimiento y lograr su más alta disponibilidad.

ABSTRACT

Today mining is a very important factor for the economic and social development of the country, large entrepreneurs invest in improving the conditions of the company in order to achieve the highest quality production in the extraction of copper.

Companies seek to perform the best equipment repairs. The purpose of this is to improve processes and availability to guarantee the useful life of its components, optimizing production.

This research work seeks to improve repair procedures in order to reduce time lost in the process. In addition, it seeks to create documents that help the proper analysis for team evaluations and improve their results.

We have the knowledge that the company has different suppliers which carry out the repairs of the equipment in the maintenance area. The teams have failures during the repair and evaluation process, which is why we seek to identify the most common failures and optimize them to ensure the proper functioning of their components and reduce repair times.

The implementation of formats and procedures will help us to quickly identify failures that have occurred in machinery, and will also reduce evaluation times in order to achieve good results and reduce time in the process.

In conclusion, the proposed proposal will improve the processes carried out on the D475A-5E0 Komatsu tractor, in order to maximize its performance and achieve its highest availability.

INTRODUCCIÓN

El propósito de la investigación es mejorar procedimientos para lograr reducir tiempos en el proceso de reparación de equipos en taller, así mismo mejorar la disponibilidad del área de Mantenimiento Mina Tractores de Southern Perú en la unidad operativa Toquepala.

- **CAPÍTULO I.**

Se desarrolló el planteamiento del problema; se formularon objetivos generales y específicos; justificaciones y descripción de hipótesis y variables que nos ayudaron a comprender mejor los caminos a seguir para lograr una mejor investigación.

- **CAPITULO II.**

Se desarrolló el marco teórico donde se presentaron las problemáticas y ocurrencias del tractor de orugas D475A-5E0 con la finalidad de resolver las fallas y evitar paradas, logrando mejorar la disponibilidad.

- **CAPITULO III.**

Metodología de la investigación; alcances, métodos, población y muestras, los cuales nos permitieron el análisis del equipo, el cual cumple una función muy importante en el proceso de producción de la mina.

- **CAPITULO IV.**

Identificación de requerimientos, análisis y diseño de la solución. Planteamientos estudiados para el análisis de resultados.

- **CAPÍTULO V.**

Construcción, detalle de un análisis extenso basado en la problemática real del taller, formatos de inspección y evaluación para mejorar los procesos de evaluación de fallas. Se lograron aplicar los formatos obteniendo mejores resultados de la problemática.

- **CONCLUSIONES.**

Conclusiones del trabajo de investigación, el cual se concluyó de manera satisfactoria y con buenos resultados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Southern Perú es una de las empresas productoras de cobre más grande del mundo. Hoy en día cuenta con tres áreas operativas distribuidas en el sur del país entre ellos Ilo, Cuajone y Toquepala, siendo las áreas de extracción de mineral las UO de Cuajone y Toquepala. En Ilo cuenta con una planta de fundición y refinería, en las cuales se procesa el mineral convirtiéndolos en cátodos de cobre para su comercialización.

Hoy en día Southern amplió la planta concentradora de la unidad de Toquepala, por lo que la producción y extracción mineral ha aumentado de forma positiva, esto llevo a la empresa a ampliar su flota auxiliar de equipo pesado. Southern se preocupa en mejorar la producción de cobre en Toquepala realizando la compra de más equipos para poder resolver esta necesidad, siendo adquiridos en su última compra equipos Komatsu como: Cargadores Frontales WA470, Cargadores sobre ruedas WD600, Tractores sobre orugas D475A-5E0 y Excavadoras PC800. ¿Será necesario el estudio de las fallas comunes en equipos Komatsu?

Teniendo en cuenta que en la actualidad vienen operando equipos Komatsu a los cuales ya se realizaron reparaciones generales, se pretende con esta investigación optimizar el proceso de reparación de los tractores modelo D475A-5E0 localizando las fallas más comunes producidas en ellos. Será de gran necesidad investigar la problemática de los equipos. ¿Porque fallan los equipos Komatsu después de una reparación?

En la actualidad este es un modelo nuevo y está siendo adquirido positivamente por diferentes unidades mineras obteniendo buenos resultados en su operación logrando la aprobación de los diferentes clientes.

Komatsu es una empresa reconocida a nivel mundial por tener equipos de alta tecnología, el cual viene trabajando constantemente para reducir los riesgos de contaminación ambiental. Para ello la empresa Komatsu opta por mejorar las versiones en sus equipos, realizando cambios en componentes o mejorándolos, es así que los equipos al ser más

modernos necesitan de una mejor atención y cuidado para evitar problemas posteriores y reparaciones prematuras. ¿Será necesario implementar formatos para lograr para evitar fallas prematuras en equipos Komatsu?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Optimizar el desempeño del equipo Komatsu modelo D475A-5E0 después de una reparación general en el área de Mantenimiento Mina Tractores de la unidad operativa Toquepala de la empresa Southern Perú, 2019.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las causas más comunes de una mala reparación del equipo Komatsu.
- Reconocer y comprender por qué falla el equipo Komatsu D475A-5E0 después de haber realizado una reparación general.
- Analizar los procedimientos que son utilizados para la reparación de equipos Komatsu en taller.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La presente investigación tiene el propósito de optimizar la disponibilidad del equipo Komatsu, modelo D475A-5E0, con la cual se quiere aumentar la producción del cobre y generar ganancias, esto se conseguirá si evitamos que este modelo de equipo presente paradas innecesarias por fallas prematuras de componentes.

La investigación es realizada, dado que al fallar los equipos después de una reparación general, estos generan contaminación ambiental tanto por fugas de aceite o por excesivos gases producidos por desgaste prematuro de componentes. Al tener una buena reparación

de este modelo de equipo se optimizará el buen funcionamiento y además se evitará la contaminación del medio ambiente.

Es necesario mencionar que un equipo nuevo presenta fallas mínimas durante su operación, las fallas que presenta el equipo al ser mínimas son corregidas en el momento sin necesidad de solicitar repuestos. Después de que un equipo es reparado en su totalidad, me refiero específicamente a cambio de componentes mayores como es el caso de motor, transmisión, diferenciales entre otros, estos presentan deficiencias en su buen funcionamiento al punto de requerir repuestos nuevos y paradas prolongadas para su reparación.

Southern es una empresa que apoya a las comunidades con préstamos de equipos, es por eso que una correcta reparación de estos ayudaría mucho en las actividades de estas, así mismo no implicaría realizar gastos de viaje a las comunidades para la reparación de algún componente.

Además, Southern es una empresa comprometida con el cuidado del medio ambiente es por eso por lo que en la actualidad ha optado por la compra de este modelo de equipo por tener una alta tecnología y preservar el medio ambiente.

Es justificable el estudio de este modelo de equipo D475A-5E0 Komatsu ya que en la actualidad ya se han realizado reparaciones generales en la unidad de Toquepala no teniendo resultados óptimos después de su reparación presentando fallas recurrentes y hasta paradas por tiempos prolongados afectando la producción.

1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

1.4.1. HIPÓTESIS

Teniendo en cuenta que en el sector minero la disponibilidad de los equipos juega un factor importante para la producción y extracción del mineral, es probable que con la optimización en el desempeño de los equipos después de su reparación se logren llegar a las metas establecidas por el área mediante una mejor disponibilidad de estos.

1.4.2. VARIABLES

CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN PARA LA VARIABLE.

Tabla 1. Operación de variable.

Variable	Dimensión	Indicadores
Optimización de equipos después de su reparación	Situación actual	Procedimientos de trabajo seguro
	Fallas presentadas	Frecuencia de fallas
	Implementaciones	Proceso de reparación de máquinas crítico

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El presente documento tiene como finalidad identificar las constantes fallas ocurridas en los equipos Komatsu, en especial en el modelo D475A-5E0 el cual se viene trabajando. Este modelo de equipo presenta fallas constantes durante su operación y es llevado constantemente a taller para reparaciones.

Los casos analizados a continuación nos mostraran problemas similares que ocurren constantemente con la reparación de equipos, creo que será de gran importancia su análisis para poder desarrollar mejor el proceso de reparación de equipos Komatsu en el modelo D475A-5E0.

A continuación, mostramos los siguientes casos:

Guevara (2015). Quien realizo una propuesta para mejorar el mantenimiento total de maquinaria pesada de la empresa Ángeles - proyecto minero la granja. En el presente trabajo tiene como objetivo principal realizar un plan de mantenimiento total para la maquinaria pesada, identificar puntos que son críticos como paradas repentinas de los equipos. Analizar los procedimientos incorrectos de los mantenimientos los cuales ocasionan fallas comunes y así mismo realizar un análisis correcto de la disponibilidad y rendimiento de los equipos. Para la realización de dichos análisis se observaron determinados puntos como son las formas de mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos los cuales son determinantes para la búsqueda de optimización de la maquinaria

Minera Chilena (2017). En el siguiente enunciado la revista nos trata de explicar la importancia de tener un buen servicio de mantenimiento dando más énfasis en el mantenimiento preventivo y predictivo, el cual ayuda mucho para determinar factores que puedan ocasionar que los componentes fallen de manera prematura después de su

reparación. Así mismo nos habla de la frecuencia del servicio de cada mantenimiento que es de vital importancia para el cuidado de los equipos, donde estaría afectando condiciones de trabajo del equipo y áreas relacionadas con los mismos, en algunos casos los mantenimientos y las reparaciones de los equipos son compartidos tanto el titular minero y las contratistas realizar los servicios por eso se menciona que es de vital importancia la buena colaboración de ambos para lograr los objetivos.

García (2017). Para la obtención del título de ingeniero mecánico en la Universidad Nacional Del Centro Del Perú- Huancayo. Esta tesis trata de mejorar la gestión para la operatividad de los equipos de las vías de Huancayo-Ayacucho por la empresa ICCGSA. En este estudio realizado por el autor se encuentran dificultades con los programas de mantenimiento, lo cuales ocasionan incumplimientos con los objetivos y metas trazadas por la empresa, siendo uno de los factores más perjudiciales para el incumplimiento los malos mantenimientos y las paradas repentinas de las maquinarias. En el mejoramiento de este proyecto se usan herramientas de medición para observar el comportamiento y medir los tiempos de las maquinarias, tratando de lograr el cumplimiento óptimo de cada equipo. Además, se analiza problemas de gestión, planificación y administración las cuales son muy necesarias para la solución de los problemas presentados. Dentro del estudio se analiza los procedimientos de reparación y mantenimientos de equipos y componentes, en los cuales se puede encontrar oportunidades de mejora para la reducción de tiempos en su reparación. Los términos MTBF (tiempo medio entre fallas) Y MTTR (tiempo medio entre reparación) nos proporcionarían una mejor visión de la situación del problema mejorando los procedimientos para la optimización de los procesos.

Horizonte Minero (2017), En la siguiente revista mencionada veremos términos como la seguridad, comodidad y tecnología la cual está relacionada al factor máquina los cuales podrían afectar por su mala reparación en ocasionar fallas prematuras de componentes o una mala reparación. Nos menciona también la comodidad que debe tener la máquina para el operador de cada equipo, la cual es necesaria para el perfecto cuidado de la máquina.

2.2. BASES TEÓRICAS

Para poder definir las bases teóricas vamos a desglosar los sistemas los cuales nos ayudaran a ver directamente los problemas comunes ocasionados en maquinarias, a la vez nos ayudara a reconocer de forma directa cuales son los componentes que presentan fallas prematuras para poder evaluar y solucionar de forma inmediata.

Las fallas en muchos casos son producto de malas reparaciones de los componentes, los cuales ocasionan paradas constantes en los equipos hasta la determinación de sus fabricantes, en ocasiones estas también son producidas por los operadores de equipo pesado, ya sea por no mantener el cuidado necesario de sus equipos o por no contar con las capacitaciones necesarias.

En los casos analizados a continuación será determinante conocer cada uno de los sistemas ya que nos ayudara a comprender los fallos ocurridos en las maquinarias y las causas que las originaron.

Los sistemas a estudiar y analizar son:

- Sistema de motor.
- Sistema hidráulico.
- Sistema de transmisión.
- Sistema de tren de carrilería.
- Sistema eléctrico.

A continuación, se detallarán sistemas más vulnerables de equipos donde podremos ver las fallas comunes presentadas y poder estudiar la forma de solucionar estos en un corto tiempo.

2.2.1. SISTEMA DE MOTOR

Calleja (2015). Se puede definir al motor como el corazón de la maquinaria, este es el componente principal sin él no podría haber funcionamiento en el equipo. El motor

transforma la energía térmica de un fluido en energía mecánica para la realización de un trabajo, es a través de la cinemática que un vehículo consigue moverse.

A continuación, se detalla las fallas más comunes detectadas:

2.2.1.1. FALLAS EN TURBOCOMPRESOR

Coello Salcedo (2015). El turbocompresor es un componente de trabajo eficaz para ayudar a conseguir una mezcla adecuada en la cámara de combustión ya que aprovecha los gases de escape para producir giro en su turbina.

El turbocompresor puede sufrir daños severos ya que trabaja a altas revoluciones y temperaturas elevadas. Las fallas que podrían ocurrir son las siguientes:

- **FALTA DE LUBRICACIÓN:**

Lubricar los componentes del motor es de suma importancia debido a que estos trabajan a altas velocidades de rotación, además de concentrar altas temperaturas durante su funcionamiento. El tener signos de mala lubricación ocasionara desgaste prematuro en los componentes hasta llegar a fallas catastróficas irreparables.

- **CONTAMINACIÓN DE ACEITE POR PARTÍCULAS:**

La mala combustión puede producir carbón en granos y dañar superficies de los rodamientos, esto podría ocasionar daños irreversibles en los componentes. Por tal motivo es recomendable realizar los mantenimientos con el mayor cuidado y en los tiempos establecidos por el fabricante, así se garantizará el buen funcionamiento y alargará la vida útil de los componentes.

- **EXCESIVAS TEMPERATURAS DE GASES DE ESCAPE:**

Las temperaturas elevadas pueden ocasionar que los gases de escape se restrinjan, además de esto podría dañar sensores de temperatura y oxígeno, los cuales podrían afectar directamente al turbocompresor.

- **DESPRENDIMIENTO DE MATERIAL POR ALTAS TEMPERATURAS:**

Los excesos de temperaturas en el turbocompresor podrían ocasionar que la turbina gire más rápido generando rozamiento con el cuerpo del alojamiento, es así que al desprenderse partículas del componente podría dañar al mismo, incluso ingresar a la cámara de combustión ocasionando daños severos.

- **ROTURA DE EJE POR JUEGO AXIAL O RADIAL:**

Las altas velocidades producidas en el turbocompresor pueden ocasionar fallas repentinas en el motor. Una de las fallas más comunes en el componente es la rotura del eje central, esta falla puede ser producto del desequilibrio y la excesiva carga del turbocompresor.

2.2.1.2. FALLAS EN LOS INYECTORES

Velásquez (2012). Para poder lograr optimizar el sistema de combustible, reducir los gases contaminantes y los ruidos fuertes del motor por las cargas ejercidas, será necesario contar con un buen sistema de inyección el cual será capaz de pulverizar el combustible de manera eficiente en la cámara de combustión y en el momento exacto. Uno de los sistemas de inyección capaz de cumplir con las exigencias es el sistema comun rail que al tener el combustible acumulado a altas presiones nos garantiza su correcta pulverización al momento de su accionamiento.

Los inyectores son componentes encargados de suministrar el combustible de forma pulverizada a la cámara de combustión, de no tener una buena mezcla de aire combustible en la cámara, este dificultara el arranque del equipo y buen funcionamiento del motor.

La falla más común en los inyectores es el desgaste prematuro de los mismos, esta falla es debida al mal suministro del combustible y/o contaminación excesiva en el sistema.

Manual Komatsu (2013). Para el ejemplo tomaremos un sistema de combustible conocido en equipos de marca Komatsu que es el sistema de combustible CRI (inyección de riel común) el cual es un sistema muy sensible a la contaminación, es así que sus filtros pueden llegar a saturarse de forma rápida ante la contaminación. Formas de poder monitorear los equipos que ayudaran al diagnóstico preciso y rápido.

SISTEMA DE COMBUSTIBLE CRI.

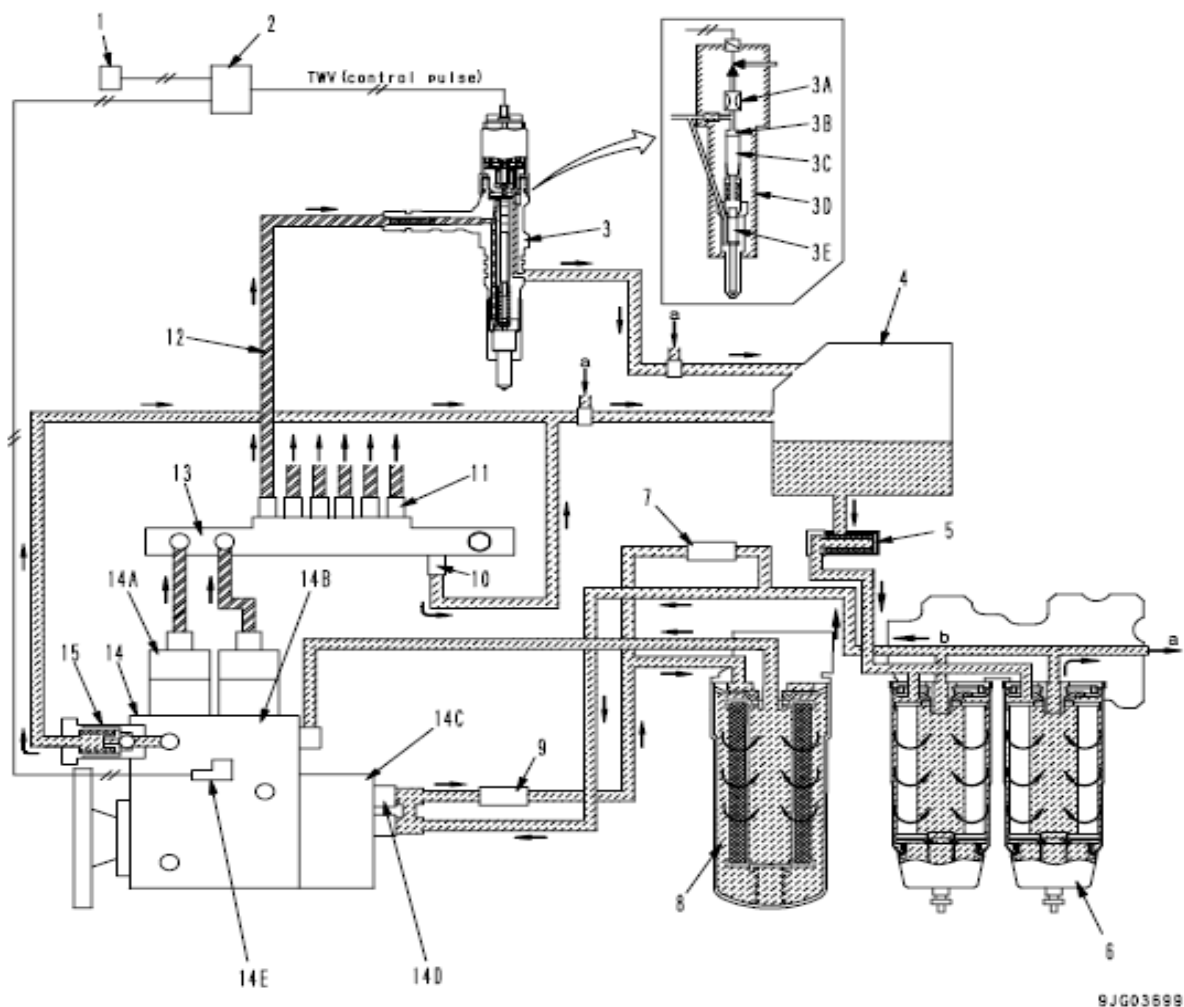


Figura 1. Sistema de combustible CRI y funcionamiento.

1. NE speed sensor
2. Engine throttle controller
3. Injector assembly
 - 3A. Orifice
 - 3B. Control chamber
 - 3C. Hydraulic piston
 - 3D. Injector
 - 3E. Nozzle
4. Fuel tank
5. Strainer
6. Pre fuel filter (with water separator)
7. Priming pump (main)
8. Fuel filter
9. Engine throttle controller cooler
10. Pressure limiter
11. Flow damper
12. High pressure injection pipe
13. Common rail
14. Fuel supply pump assembly
 - 14A. PCV
 - 14B. High pressure pump
 - 14C. Feed pump
 - 14D. Bypass valve
 - 14E. Backup speed sensor (G sensor)
15. Overflow valve

En la imagen lateral vemos la descripción de cada uno de sus componentes. MANUAL KOMATSU.(2013), SM D475-5E0 30001-UP SEN00203-16 pag. 345.

2.2.1.3. FALLA EN LA BOMBA DE COMBUSTIBLE

La bomba principal de combustible es otro de los componentes más importantes en el sistema de combustible ya que cumple la función de enviar el combustible al sistema de alta presión para luego este ser enviado a los inyectores. De no ser correcto el funcionamiento de la bomba dificultaría el arranque del equipo u ocasionaría pérdidas de potencia durante su funcionamiento.

Aran Ediciones (2010). Las fallas en la bomba de combustible podrían relacionarse a la mala calidad del combustible o a la contaminación en el suministro del mismo.

Para el caso de motores más electrónicos, el fallo en la bomba de combustible podría generar códigos de visualización según el sistema de monitoreo de cada maquinaria, pero sería necesario la revisión de estos códigos por técnicos especialistas.

Las bombas de combustible según sean su diseño, pueden sufrir daños en componentes internos hasta sufrir la rotura de carcasa. Las fallas pueden suceder por excesiva presión, contaminación en el sistema de combustible o diseño de fábrica.

M.A. Neri (2010). Para el siguiente ejemplo se tomará una falla por rotura de cabezal de bomba de combustible producto de la mala fabricación. En el caso se determinó que el componente contaba con un excesivo elemento metálico que es el manganeso, ya que todos los demás elementos estaban dentro de los rangos especificados por el fabricante. En el análisis se determinó también que el elemento metálico concentraba excesivo esfuerzo, lo cual llevó a que se originaran daños en el componente hasta lograr su fractura.



Figura 2. Rotura del cabezal de la bomba.



Figura 3. Parte interna dañada de la bomba de combustible.

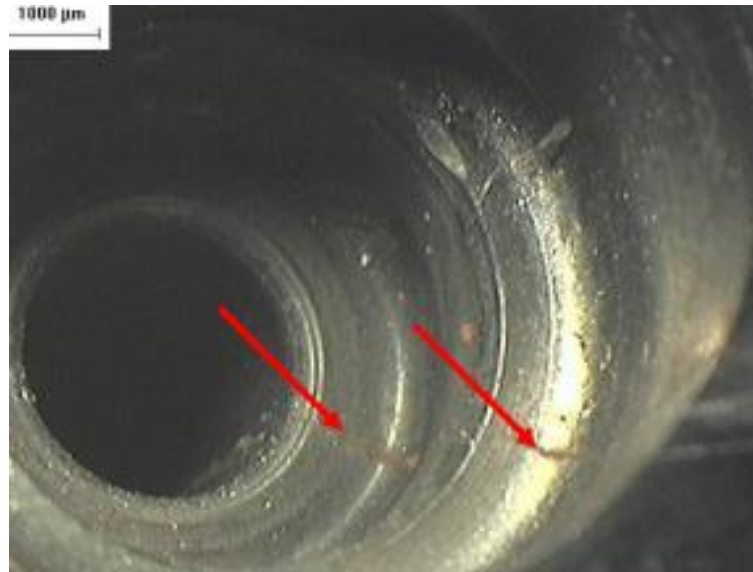


Figura 4. Fisura por la parte interior del cabezal de la bomba.



Figura 5. Vista agrietada de la bomba por la parte posterior.

Las Ilustraciones 2,3,4,5. Muestran una bomba de combustible dañada producto del mal diseño de fabricación de la bomba por excesivo material.

M. NERI. *Análisis De Falla De Una Cabeza De Bomba De Combustible, Agrietada Internamente* 2010. Obtenido de Departamento de Física de Materiales, Centro de Investigación en Materiales Avanzados S. C., Chihuahua, México. Disponible en: http://iberomet2010.260mb.com/pdfcongreso/t2/T2_88_Neri-MA_n1.pdf

2.2.1.4. ROTURA U OBSTRUCCIÓN DE AFTERCOOLER

El aftercooler es el componente encargado de enfriar el aire proveniente del compresor del turbo y sistema de admisión, así mismo su finalidad es ingresar mayor cantidad de aire puro al motor con la finalidad de ocasionar una buena combustión y asegurar el buen funcionamiento del equipo.

La pérdida de aire por fugas en el sistema de admisión podría generar presencia de humo blanco a la salida de los gases de escape, esto podría ocasionar que los sensores no trabajen correctamente, enviando falsas señales al controlador del motor ocasionando pérdidas de potencia en el equipo.

Durante algunos procesos de evaluación se han detectado fallas de rotura de aftercooler en las uniones soldadas (tinajas superiores).

2.2.1.5. FUGAS DE ACEITE POR RETEN DEL CIGÜEÑAL.

El motor al ser un componente muy especial en el equipo este debe tener el mejor cuidado posible para evitar daños prematuros y paradas repentinas de más maquinarias.

La pérdida de aceite por el retén del cigüeñal podría ocasionar daños severos en el motor ya que este no recibirá la lubricación adecuadas a sus partes.

El retén es un repuesto que trabaja en constante fricción con el eje cigüeñal del motor es por eso que si existe contaminación en el fluido este podría presentar partículas abrasivas que desgasten el retén y produzca las fugas de aceite.

La contaminación de cualquier fluido podría ser muestreada en laboratorios, los cuales podrían indicar si un fluido presenta contaminación según los parámetros establecidos por el fabricante.

2.2.1.6. FALLAS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE ARRANQUE DEL EQUIPO

Se podrían presentar diferentes fallas en el sistema de arranque del equipo, el cual podría ocasionar fallas en el encendido del motor o también generar pérdidas de potencia en el equipo.

Santander (2015). Se toma en mención que hay diferencias entre el sistema de encendido con el sistema de arranque, pero los dos trabajan directamente con el combustible. El sistema de arranque es el primer impulsor para que el motor inicie su funcionamiento. Para esta acción es necesario un acumulador que es la batería.

El motor al arrancar convierte la energía eléctrica en energía mecánica de movimiento, el sistema debe dar las condiciones necesarias para hacer girar el motor.

Entre las fallas podemos encontrar lo siguiente:

- Motor de arranque defectuoso.
Podría presentar daños en el solenoide, bobinas de campo, escobillas, armaduras o impulsor bendix. Esto dificultaría el arranque del equipo.
- Baja carga de la batería.
- Falso contacto en la chapa.
- Corto circuito en el harness del sistema de arranque.
- Chapa de contacto defectuosa, llave no gira.
- Para motores electrónicos, la palanca del sistema de transmisión podría no estar centrada ocasionado bloqueo en el sistema de arranque.

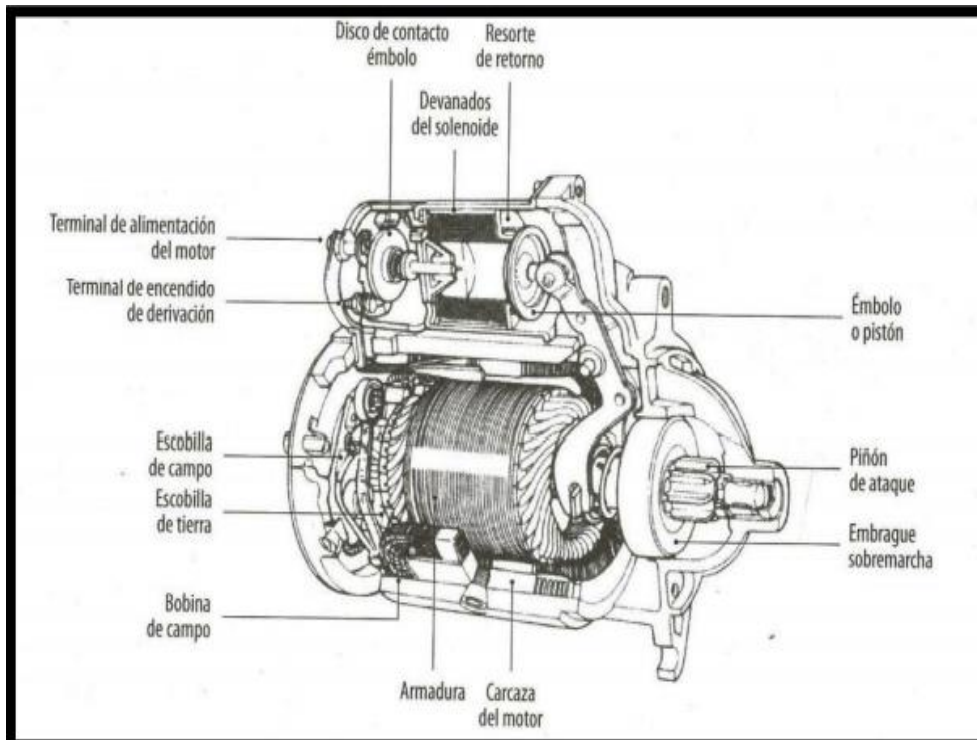


Figura 6. Motor de arranque de tipo campo electromagnético.

Fuente: SANTANDER RUEDA. *Guía Práctica Para La Inspección Y Solución De Fallas*. Técnico en mecánica & electrónica automotriz. 2ed. diesel Editores, 2010. 552 p. martinez, V. H. (2015).. noesis. uis.edu.co.

2.2.1.7. FALLAS EN LA COMUNICACIÓN DEL CONTROLADOR DE MOTOR

Eder Guzmán (2014). La tecnología de los motores diésel cada vez es más sofisticada debido al mercado automotriz ya que esta, cada vez es más exigente con la reducción del consumo de combustible y la emisión de gases contaminantes. La finalidad de los controladores es lograr la velocidad adecuada para obtener el consumo mínimo de combustible y bajas emisiones de gases.

El problema de los controladores puede estar en la mala comunicación de parámetros, los cuales se pueden ver interrumpidos por cortos circuitos o fallas en sensores, si el controlador no recibe los parámetros adecuados este creará conflictos internos ocasionando fallas en el motor como puede ser:

- Perdidas de potencia.
- Excesivo humo negro, blanco o azul por la salida de los gases de escape.
- Alto consumo de combustible.
- Alertas de fallas eléctricas en el tablero.
- En caso de motores más electrónicos, los controladores están relacionados con otros sistemas como sistema de transmisión, el cual también se vería afectado ante alguna falla.

2.2.2. SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Flores García (2012). Para poder definir las fallas en una transmisión es necesario que los profesionales conozcan bien el funcionamiento del sistema, así se lograra generar la máxima potencia del componente. La transmisión consta de un conjunto de mecanismos interconectados con la finalidad de transmitir la potencia hacia las ruedas con el fin de dar movimiento al equipo.

La transmisión de fuerza se realiza mediante ejes conectados a conjunto de engranajes con el fin de dar las velocidades adecuadas según el comando seleccionado.

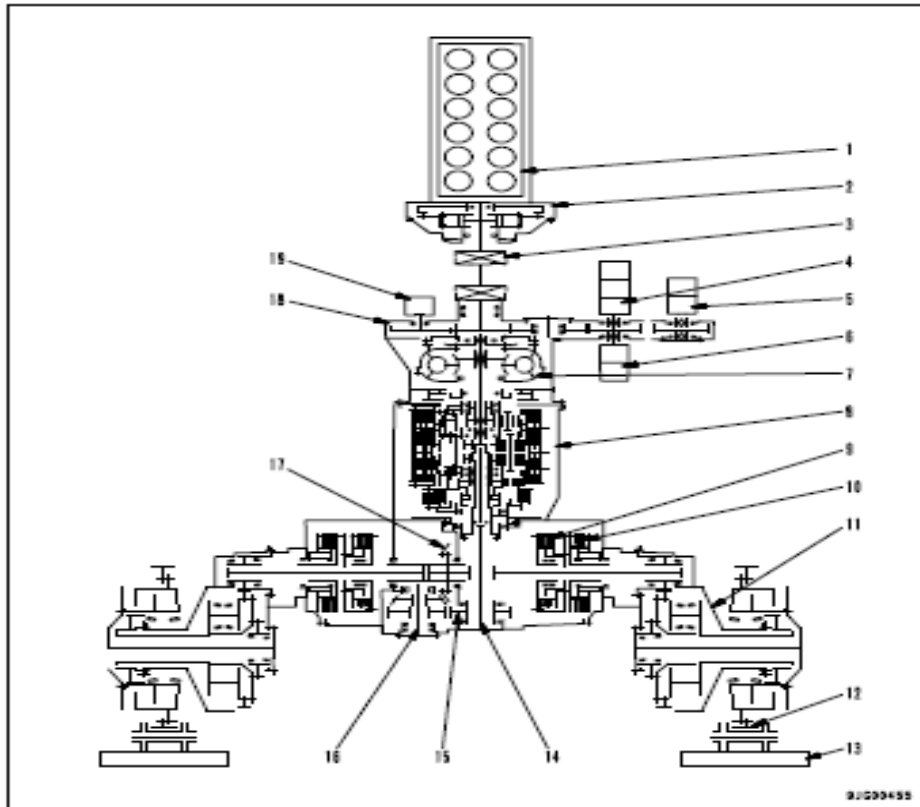


Figura 7. Tren de potencia.

Referencia ítem Nro. 8 nos muestra la transmisión como componente principal encargado de transmitir la potencia a los mandos finales.
 MANUAL KOMATSU.(2013). SM D475-5EO 30001-UP SEN00203-16.

2.2.2.1. CALENTAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

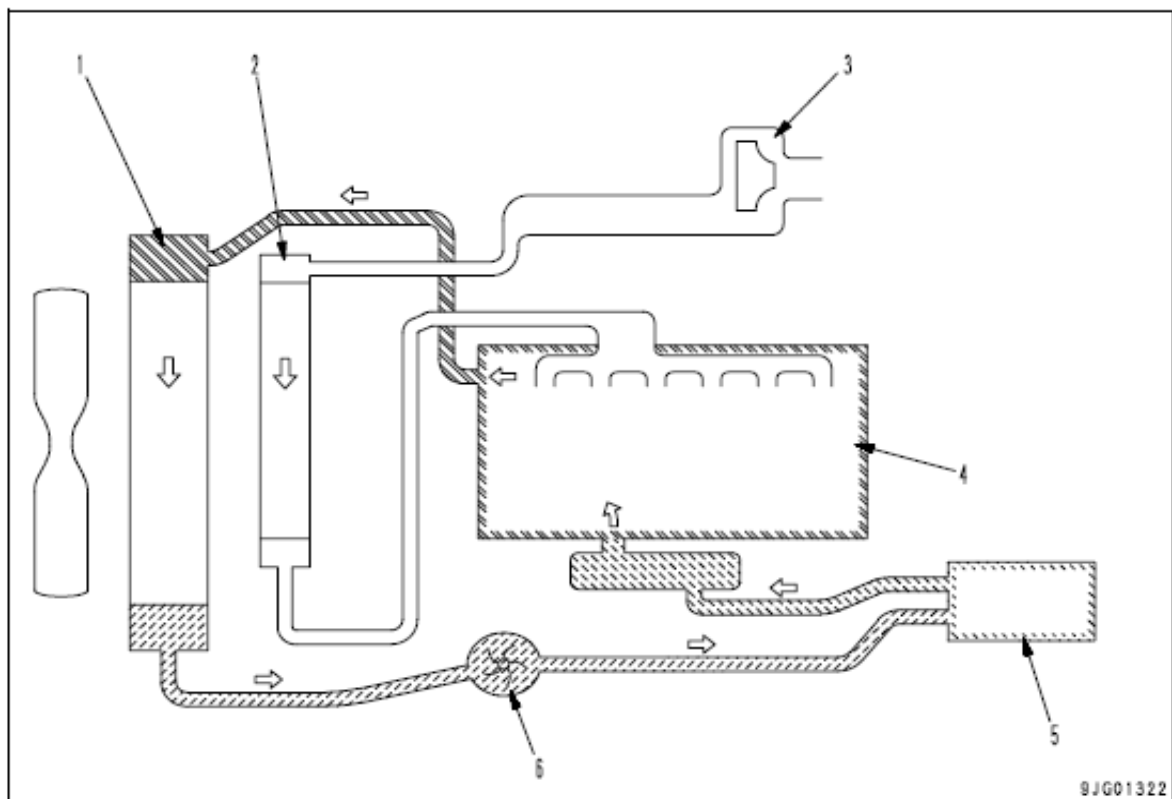
Se reconoce como calentamiento, a las elevadas temperaturas registradas en el fluido del equipo a través del tablero de instrumentos y estas pueden ser visualizadas por el operador de turno, es necesario el estudio de este problema ya que la maquinaria de hoy en día sufre mucho de este problema.

Durante el proceso de evaluación de un sistema de transmisión se puede observar fallas registradas en la computadora, las cuales podrían arrojar un índice elevado de temperaturas por mala operación del equipo al momento de acarrear el material, así mismo se puede detectar también si el nivel de aceite es el adecuado o se está perdiendo el fluido por fuga. Estos dos datos son de vital importancia, ya que podrían llevar a un recalentamiento del sistema.

Además, hay equipos donde los sistemas se encuentran relacionados por medio del sistema de enfriamiento el cual podría ocasionar que se eleven también las temperaturas del sistema, además afectando también a otros sistemas.

Las fallas más comunes son la saturación de filtros de transmisión, los cuales generan presiones internas dentro del sistema elevando las temperaturas, otras causas son los sobre esfuerzos realizados por el operador durante su trabajo del equipo por una mala operación quizá por desconocimiento de los sistemas de operación.

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL EQUIPO.



1. Main radiator
2. Sub radiator
3. Turbocharger
4. Engine
5. Power train oil cooler
6. Water pump

Figura 8. Sistema de enfriamiento de tractor de orugas.

Como muestra la imagen el sistema de enfriamiento afecta directamente al motor y la transmisión. MANUAL KOMATSU.(2013), SM D475-5EO 30001-UP SEN00203-16 pag.84

2.2.2.2. NEUTRALIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISION DURANTE OPERACIÓN

Se considera neutralización cuando el selector de marchas de un equipo deja de operar de forma repentina, parando la maquinaria sin necesidad de que se apague el motor.

Churio (2011). La transmisión es un componente constituido por cinco embragues. Estos embragues realizan la función de dar avance y retroceso al equipo según las velocidades seleccionadas. Es necesario que el acoplamiento de estos embragues sea el correcto ya que de no ser así podría ocasionar una parada repentina del equipo, neutralizándolo y pudiendo dañar algún componente interno dentro de la transmisión. El paso de aceite hacia los embragues está determinado por válvulas solenoides, las cuales activan el pase según las marchas seleccionadas para el acoplamiento. La falla en los solenoides ocasionara que no se produzcan los cambios, neutralizando el equipo, cada pistón consta de discos y placas para poder realizar el acoplamiento.

Ante una falla en el sistema de transmisión será necesaria la evaluación de presiones para determinar el desgaste del componente, además de poder evaluar el sistema eléctrico para ver posibles fallas en el accionamiento de los solenoides. Los laboratorios de muestras de aceite ayudaran a identificar cual fue la causa de la falla, analizando el fluido del sistema de la transmisión.

Tabla 2. Acoplamiento de embragues según selección.

Velocidad de la transmisión	Embragues conectados
Primera de avance	2 y 5
Segunda de avance	2 y 4
Tercera de avance	2 y 3
Neutral	3
Primera de retroceso	1 y 5
Segunda de retroceso	1 y 4
Tercera de retroceso	1 y 3

Fuente: CATERPILLAR, D11N Track-Type Tractor System Operation.

2.2.2.3. PERDIDA DE POTENCIA DURANTE EL EMPUJE DE MATERIAL

Es reportada cuando el equipo no tiene el rendimiento y las condiciones necesarias para poder acarrear un material y esto perjudica la operación del mismo.

En ocasiones dichas fallas vienen relacionadas a otros sistemas como por ejemplo el sistema del motor donde la falla puede ser producida por la saturación de filtros de combustible o filtros de aire del motor. De ser el caso, las soluciones a los problemas son fácilmente realizados y solo dependerá del reemplazo de los filtros.

Para condiciones complicadas donde la pérdida de potencia es relacionada a componentes netamente del sistema de transmisión esto podría dificultar su solución inmediata.

Los problemas relacionados con esta falla normalmente vienen producidos por atascamientos de válvulas solenoides en el control de la transmisión, esto producido por la contaminación por agentes externos en el aceite de la transmisión.

Otro factor muy importante y comúnmente registrado son daños en el conjunto de la transmisión, específicamente en el Convertidor de Par, el cual es afectado por malas operaciones del equipo u otras ocasiones por horas normal de funcionamiento.

Es necesario tener un plan de mantenimiento, incluyendo la evaluación por medio de presiones del sistema de la transmisión. Esto ayudara a tener un mejor control de componentes del sistema y facilitara la solución de problemas.

Se requiere tener los instrumentos necesarios para poder realizar pruebas en el sistema.

2.2.2.4. MAL FUNCIONAMIENTO EN EL PROCESO DE SELECCIÓN DE CAMBIOS

Los selectores de marchas son dispositivos encargados del movimiento y viraje de las maquinarias, estas están en comunicación con el sistema de transmisión mediante controladores, los cuales reciben órdenes del operador al momento de realizar un movimiento en el selector de marchas.

Existen diferentes tipos de señales provenientes de los selectores de cambios, estas pueden ser señales hidráulicas o señales eléctricas dependiendo de la tecnología de las maquinarias.

Las fallas comúnmente podrían ser por atascamiento en las válvulas por desprendimiento de materiales en caso el accionamiento sea hidráulico, para el caso del accionamiento eléctrico, podría presentarse fallas de señales incorrectas en el controlador de la transmisión. Así mismo mal funcionamiento del mismo selector de marchas por desgaste, entre otras, como es el caso de las maquinarias Komatsu que cuentan con una palanca denominada PCCS.

2.2.2.5. FALLAS ELÉCTRICAS EN SOLENOIDES DE TRANSMISION

Uno de los grandes problemas y que afecta seriamente a la operación del equipo es la contaminación en el harness del sistema de transmisión. Los conectores son afectados por la contaminación de polvo del ambiente, agua y residuos de fluidos de aceite los cuales ocasionan malas señales producidas por el controlador y ocasionando conflictos en el sistema.

Chumbe Mellado (2009). Las válvulas solenoides son actuadores que reciben señales del ECM de la transmisión. El propósito de las válvulas solenoide es direccionar las válvulas del carrete para permitir el paso de aceite al sistema seleccionado. Este movimiento permitirá que el aceite pase hacia los embragues según sea su necesidad, este puede ser marcha y velocidad.

Las señales provenientes del controlador pueden ser de tipos diferentes según sea la marca y modelo de equipo estas señales pueden ser de activación fija o proporcionales.

Si el llenado de paquetes no es el adecuado podría afectarse seriamente la transmisión ya que de esto depende de que los cambios se realizasen de forma suave y también que el acoplamiento de discos sea el adecuado. Es recomendable revisar periódicamente que las presiones de llenado sean las adecuadas ya que nos ayudara a tener un mejor control del funcionamiento de los componentes del sistema.

Cada vez que se realiza una reparación general de componentes del equipo, es recomendable realizar el cambio de harness del sistema, esto ayudara a garantizar el correcto funcionamiento y evitara fallas prematuras en sus componentes.

El reemplazo de un harness en el equipo por falla, puede ser muy tedioso y esto podría implicar el desmontaje de componentes mayores, lo cual a su vez ocasionara pérdidas de tiempo muy grandes. Es por eso que el tener cuidado verificando los códigos de falla continuamente y reemplazando los componentes en su debido tiempo será de gran importancia para optimizar el proceso de reparación general del equipo.

2.2.3. SISTEMA HIDRAULICO

Moreira (2015). Los sistemas hidráulicos son transmisores de energías encargados de generar movimiento a los equipos y maquinarias mediante un control preciso de sus fluidos.

Los fluidos hidráulicos viajan a través de líneas flexibles o rígidas para poder generar el accionamiento de componentes según sea requerido, por ejemplo, el accionamiento de válvulas para el direccionamiento de los flujos hacia los actuadores, este accionamiento dependerá de la presión establecida para generar el movimiento. El movimiento en las válvulas puede ser generado de forma rápida, lenta o gradual según sean las necesidades.

El fluido hidráulico es capaz de generar gran fuerza en espacios pequeños gracias a la presión establecida en cada sistema. Estos son aplicados normalmente para transmitir movimientos y multiplicar la fuerza en todos los sectores industriales los cuales pueden ser maquinarias móviles, empresas textiles, vehículos auxiliares, entre otro. También existe nomenclatura para poder señalar cada una de sus partes y componentes durante un diseño y proceso de funcionamiento.

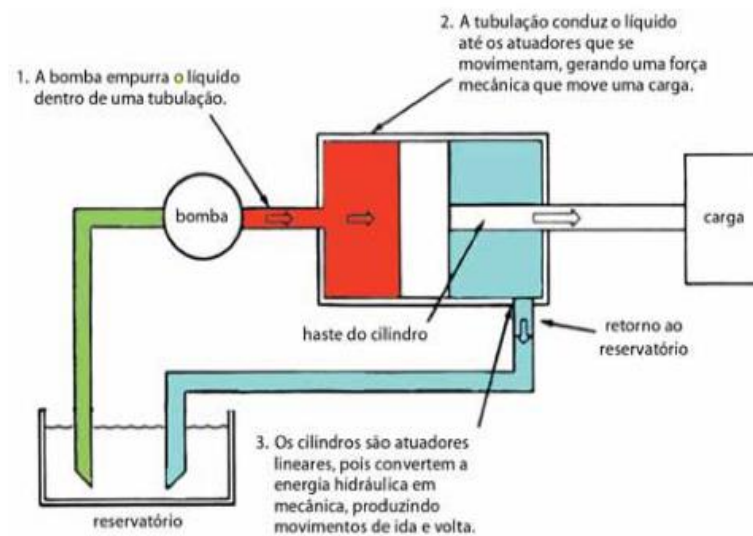


Figura 9. Sistema hidráulico básico para el funcionamiento de un actuador.

MOREIRA, I. D. 2015. *Sistemas hidráulicos industriais 2015*. SENAI-SP EDITORA.

2.2.3.1. ELEVADAS TEMPERATURAS DEL SISTEMA HIDRÁULICO

Las bombas hidráulicas como principal componente del funcionamiento deben recibir el mejor cuidado para evitar fallas prematuras en sus componentes internos. Esto implica tener un correcto control de mantenimiento de los equipos, recibiendo los reemplazos de aceite y filtros en sus periodos correspondientes.

Las fallas por excesivas temperaturas están debidas mayormente al degrado del aceite por horas de trabajo. Podría ser verificado a través de muestreos de aceite donde encontraremos las propiedades del mismo y parámetros de viscosidad estándar para cada fluido.

Como componentes principales del sistema hidráulico podemos encontrar a los siguientes:

- La bomba hidráulica principal.
- Sistema hidráulico de control.
- Actuadores o equipos de trabajo hidráulicos.

El desprendimiento de partículas en el sistema, producto de excesivo esfuerzo o malas operaciones, podría ocasionar el atascamiento de válvulas originando elevadas presiones y temperaturas dañando el sistema hidráulico.

Existen equipos que cuentan con un sistema de enfriamiento combinado, lo cual podría afectar también a las fallas de sobrecalentamiento del sistema, siendo el problema originado por otros sistemas relacionados al equipo. Será necesario realizar una correcta evaluación de los todos los sistemas del equipo para poder determinar el origen de las fallas.

2.2.3.2. CAÍDA DEL EQUIPO DE TRABAJO DELANTERO Y PORTERIOR

Hay una serie de procedimientos que nos pueden ayudar a determinar fallas relacionadas con la caída del equipo de trabajo.

Los cilindros hidráulicos son actuadores capaces de transformar la energía hidráulica en energía mecánica de movimiento. Esta transformación es capaz de producir inclinación, volteo y levante de un equipo de trabajo.

Las fallas se podrían presentar también por atascamiento de válvulas u obstrucción de orificios, los cuales generarían pérdidas de presión en el sistema. Cuando una válvula es atascada en el bloque de control esta podría ocasionar que el flujo de salida hacia los actuadores retorne directamente al tanque ocasionando pérdidas de presión en el sistema.

Las fugas en el sistema hidráulico afectan directamente a los actuadores, el método de solución para la falla, implica buscar el origen de las fugas y corregirlas.

2.2.3.3. FALLAS EN SENSORES DEL SISTEMA HIDRAULICO

Paruelo (2008). Los sensores son dispositivos que proporcionan respuestas mediante señales eléctricas frente a estímulos químico o físicos.

Las diferentes fallas en el sistema eléctrico de los sistemas se dan por contaminación en los conectores, por silicio o a través de fricción del conjunto de cables con el chasis generando cortos circuitos y proporcionando males lecturas de los controladores.

Los sensores pueden estar ubicados en diversas partes del sistema montados en componentes que requieran enviar información necesaria para el procesamiento de datos y función de cada sistema.

Para el caso de maquinarias, los sensores en el sistema hidráulico son los encargados de proporcionar datos como presiones, temperaturas, niveles y posiciones de trabajo de cada componente con la finalidad de informar sobre su correcto funcionamiento.

Los equipos cuentan con una base de datos de almacenaje con la finalidad de poder ser guardados y también monitoreados ante cualquier falla.

2.2.4. FALLAS EN EL TREN DE CARRILERIA

Las fallas en el tren de rodaje estarán determinadas al tiempo de trabajo del equipo y el terreno de operación, por lo cual es necesario tener un registro adecuado para llevar el control de cambio y reparación de componentes y así minimizar las fallas producidas.

Inga (2013). Los fallos del tren de carrilería están determinados por los efectos que se producen en ella, estos pueden ser fugas de aceite y gases, ruidos anormales, componentes en mal estado, mal funcionamiento. A continuación, nombraremos algunos de sus componentes, función y fallos ocurridos:

Conjunto de rueda motriz: encargada de transmitir la carga del equipo desde el mando final a través del conjunto de engranajes hacia la cadena a través de pines y bocinas. Este componente puede sufrir rotura por agentes externos durante la operación, fugas de aceite por desgaste de sellos,

Rueda guía: es el componente encargado de guiar la cadena impulsada por la rueda motriz, en ella se puede controlar la tensión de la cadena aplicada por el conjunto tensor. Podría sufrir daños en el eje central producto de la carga excesiva de trabajo o contaminantes, fisuras y daños en las caras por golpes producidos por componentes externos (rocas).

Conjunto de eslabones: el conjunto encargado de soportar el peso del equipo, tren de conexión para formar el conjunto de cadena y en el van instaladas las zapatas. Componentes sufren desgaste en el alojamiento de los pines por abrasión, además podrían aflojarse los bujes y provocar un descarrilamiento del conjunto.

Pines y bocinas: soportes de conexión entre los eslabones, trabajan de guía para el contacto con el conjunto de rueda guía y rueda motriz, las bocinas son elementos de desgaste para la protección de los pines, sirven también para asegurar el correcto sellado y evitar la entrada de contaminantes que puedan deteriorar rápidamente los componentes. Las bocinas pueden llegar a fisurarse o producir fracturas de acuerdo a la aplicación de trabajo dada por el operador, este trabajo podría ocasionar paradas muy largas para el cambio de cada componente.

Conjunto de zapatas: componentes encargados de producir el contacto con el terreno y proporcionar la tracción para el equipo, también proporciona la estabilidad para la realización de los trabajos. Estos repuestos son de alta rotación para el equipo ya que son los que sufren mayor desgaste. Las fallas ocurridas normalmente son rotura de zapatas por operación y terreno, pérdida del repuesto por rotura de pernos, dobladuras por terrenos inestables.

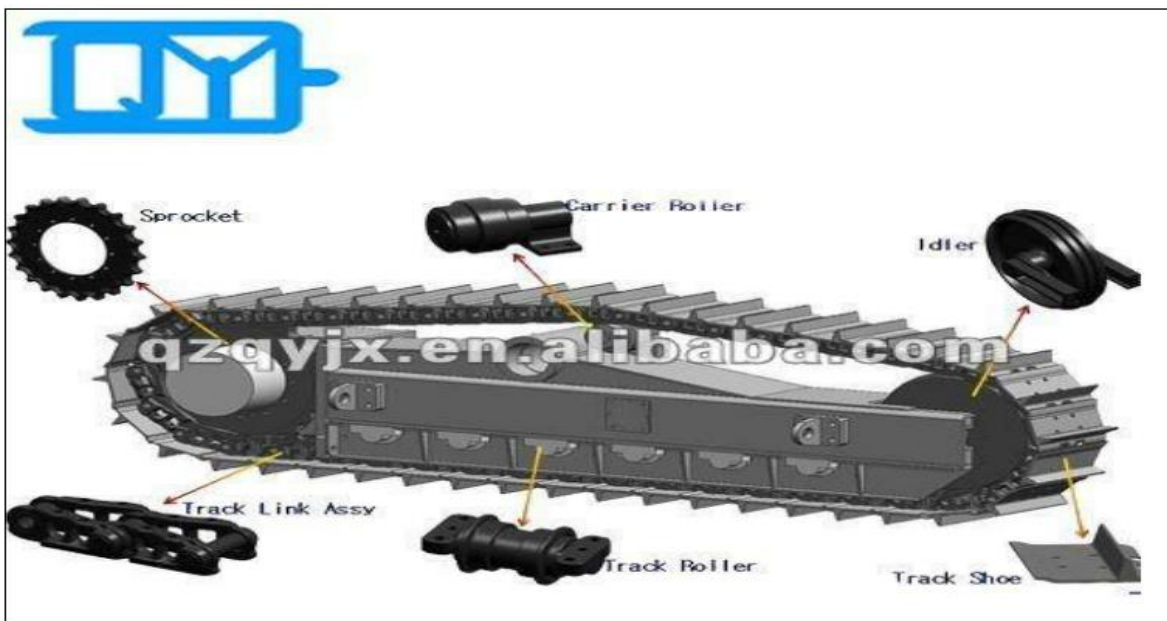


Figura 10. La imagen muestra el conjunto de tren de rodaje y sus partes.

Palomino Perez, A. *Plan de mantenimiento del tren de rodaje de la excavadora hidráulica 336 DL CAT para la disponibilidad en la Empresa Constructores y Mineros CG SAC 2016.* Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1570>.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BASICOS

2.3.1. FALLA:

Gustavo Tovar (1999). El término falla es considerado cuando un componente o sistema ha fallado durante una operación para el caso se podrían presentar varias condiciones ejemplo:

- Cuando algo se vuelve totalmente inoperativo es decir que este ya no se podrá restaurar por ningún modo procediendo con el reemplazo.
- Otro caso de falla es cuando un componente ya no cumple su función designada pero aún se puede recuperar reemplazando algunas piezas dañadas producto de su labor, esta operación es realizada mediante una reparación ya sea mayor o menor pero destinado a recuperar el componente para su buen funcionamiento.
- Cuando un componente sufre daños, los cuales ya no serán recuperables, pero este sigue en funcionamiento. Para este caso el componente puede seguir trabajando no siendo confiable, solo hasta la espera de su reemplazo.

2.3.2. TURBINA:

Componente construido con paletas y montado en un alojamiento. Este recibe la fuerza para la rotación a través de un eje impulsor determinado por fuerza de aire o fluidos.

Normalmente está construido de material ligero para soportar las altas revoluciones y temperaturas producto de su funcionamiento.

2.3.3. TURBO COMPRESOR:

(Loachamin Guacollante, 2016). Es un componente diseñado para comprimir el aire proveniente del sistema de admisión aprovechando los gases perdidos por el

múltiple de escape. El componente consta de dos cuerpos turbina que es girada por los gases de escape del motor y el compresor que va al lado de admisión. Cuando está en funcionamiento aspira gran volumen de aire y es enviado hacia el motor para una mejor combustión. Es utilizado por su gran eficiencia y poco ruido, se menciona que puede aumentar la potencia del motor en casi un 30%.

2.3.4. JUEGO AXIAL y RADIAL:

Son tolerancias que se dan en el montaje de una pieza. Las dimensiones son mínimas y son establecidas por cada fabricante al estar fuera de los parámetros podría ocasionar daños en componentes.

2.3.5. SISTEMA CRI:

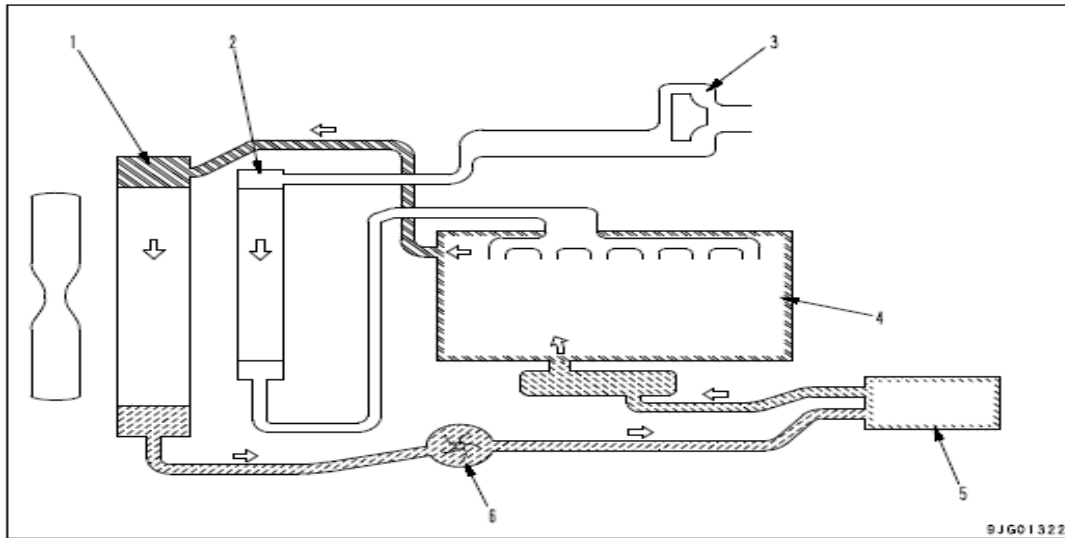
KOMATSU (2013). CRI significa inyección de riel común. El sistema de combustible está constituido por bomba principal de combustible, el riel común, inyectores, un sistema de control de aceleración y sensores.

2.3.6. HARNESS:

Conjunto de cables eléctricos, aislados y unidos en un mismo ramal, el cual tiene por finalidad llevar señales eléctricas a diferentes puntos interconectados. Estos ramales de cables están definidos por sistemas.

2.3.7. AFTERCOOLER:

Considerado como un radiador secundario enfriado por aire, cumple la función de enfriar el aire proveniente del turbocompresor hacia el ingreso al motor.



1. Radiador principal
2. Radiador secundario
3. Turboalimentador
4. Motor
5. Enfriador del aceite del tren de potencia
6. Bomba de agua

Figura 11. Radiador secundario y recorrido de flujo de aire.

MANUAL KOMATSU.(2013), SM D475-5EO 30001-UP SEN00203-16

2.3.8. ECMV:

(Válvula moduladora de control electrónico) su función es permitir el paso de aceite hacia los paquetes de la transmisión y dirección, a la vez evitar que se produzcan cambios bruscos en el componente.

2.3.9. CONVERTIDOR DE PAR:

Arana (2016). El convertidor de par es un componente hidráulico en el cual esta añadido un estator cuya finalidad es redirigir el fluido en el sentido de rotación. La fuerza del fluido proveniente del estator es enviada hacia la turbina multiplicando el torque y generando el aumento de fuerza en la transmisión.

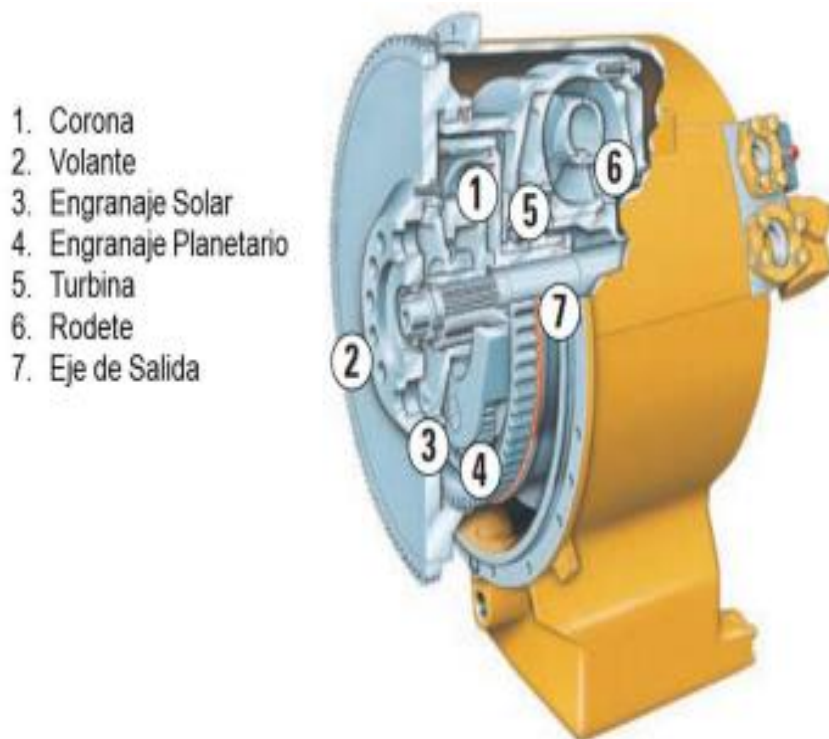


Figura 12. Partes de un convertidor de par.

Referencia: CATERPILLAR, D11N Track-Type Tractor System Operation.

2.3.10. PCCS:

Manual Komatsu (2012). El manual de operación y mantenimiento del equipo indica PCCS como un sistema de control por palma de la mano, es una palanca la cual tiene por función controlar la dirección del traslado y conducir la máquina, como observación indica que, si se suelta la palanca durante el traslado o direccionamiento, este retornara a su posición de movimiento en línea recta.

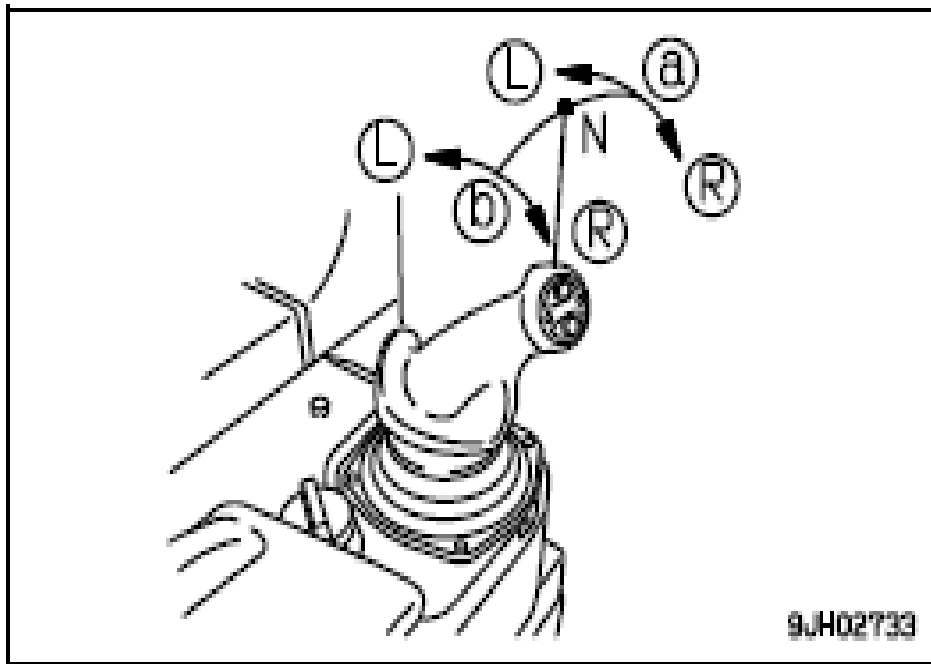


Figura 13. Palanca PCCS. Sistema de control con palma de la mano.

MANUAL KOMATSU. (2012). O&M D475- 5EO 30071- UP GSN00282-01.

2.3.11. NOMENCLATURA:

Son términos, dibujos o reglas las cuales sirven para representar cosas. Estos dependerán de los temas que se desarrollan. Las nomenclaturas cuentan con normas establecidas según sus fabricantes.

2.3.12. VALVULA DE CONTROL:

En sistema hidráulico, esta válvula cumple la función de distribuir los flujos provenientes de la bomba hidráulica hacia los actuadores, a la vez van montadas diferentes válvulas adicionales, las cuales sirven para el control de cada sistema donde se pueden regular caudales y presiones de aceite dependiendo su función.

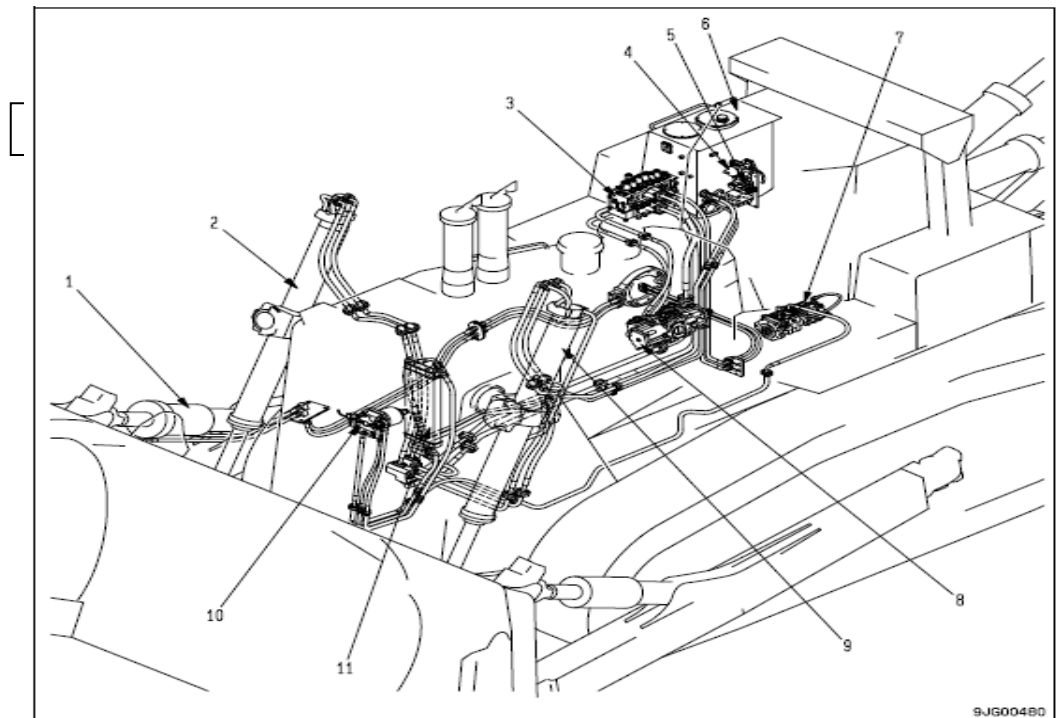


Figura 14. Componentes del tractor. Punto 3 ubicación de la válvula.

2.3.13. BOMBA HIDRAULICA:

S. Dalley, J Oleson (2017). Para los autores es una máquina que transforma energía normalmente mecánica. Una bomba es utilizada para mover fluidos de una zona de baja presión hacia una zona de alta presión a través de un accionamiento adicional que permite el funcionamiento de la misma.

2.3.14. CINEMÁTICA:

Tolosa-Guzmán (2019). Ciencia que se encarga del estudio de movimientos de los cuerpos, para cada uno de estos instantes, existirán vectores como vector de desplazamiento, de posición, que unen dos puntos, cualquiera sea el movimiento.

2.3.15. INYECTOR:

Componente encargado del suministro del combustible a la cámara de combustión del motor para poder realizar la mezcla correspondiente para el arranque.

2.3.16. CIGÜEÑAL:

Pieza fundamental del motor que se encarga de transformar la energía lineal horizontal en energía vertical asegurando el funcionamiento de todo el tren de fuerza del motor.

2.3.17. NEUTRALIZACIÓN:

Cuando el equipo sufre una parada repentina, el cual lo obliga a detenerse. Este puede producirse por una orden dada por el operador del equipo o por la presencia de fallas en las maquinarias.

2.3.18. TRANSMISIÓN:

EJ Domínguez (2012). La transmisión está conformada por diferentes grupos de partes mecánicas. La función principal es transmitir el giro producido por el motor hacia las ruedas adaptándose a la conducción.

Entre otras funciones tenemos:

- Acopla y desacopla los cambios mediante un sistema de embragues.
- La transmisión cumple también la función de regular el torque de la entrega del motor por medio de los cambios.
- Permite realizar la marcha en retroceso.
- Transferir el torque de salida de la caja hacia las ruedas a través de un conjunto diferencial.

2.3.19. ECM:

Módulo de control electrónico. Es el cerebro del equipo o sistema encargado de recibir información del funcionamiento de los componentes, procesarlas para poder regular las funciones de la maquinaria con el fin de prevenir fallas y consumo excesivas energías.

2.3.20. VISCOSIDAD:

Legaz (2010). Es la propiedad que permite la oposición de un fluido a fluir cuando es aplicada una fuerza. Mientras más alta sea la viscosidad de un fluido su resistencia a fluir será mayor. La presión y temperatura de un fluido son determinantes para la viscosidad.

2.3.21. RUEDA MOTRIZ:

Componente encargado de transmitir la fuerza proveniente de la transmisión hacia las ruedas mediante un sistema de engranajes. Esta cuenta con segmentos dentados en caso se usen cadenas para llevar toda la fuerza al tren de carrilería.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA APLICADA PARA EL DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

La presente investigación tendrá como forma de estudio el método explicativo y documental, en el cual se revisará y se realizará comparaciones en procedimientos de trabajo escritos para trabajo seguro, además de hacer un análisis crítico sobre el comportamiento de las maquinas después de su reparación estudiando la disponibilidad de cada uno de estos.

Palella y Martins (2019). Nos muestran que este tipo de investigación documental está basado en la recopilación de datos de diferentes fuentes, estas fuentes pueden ser escritas o también orales.

Arias (2012). Define como análisis explicativo a la investigación que se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante un análisis de causa y efecto.

3.2. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Dada que en la investigación es de metodología explicativa y documental se analiza estrictamente la disponibilidad de los equipos, se revisara informes de fallas de equipos después de su reparación y además de inspeccionar los procedimientos empleados durante su proceso de reparación total.

Para este caso de estudio definiremos la problemática durante la reparación estudiando la información necesaria que se encuentra en el taller de reparación de tractores de la unidad operativa de Toquepala.

Se realizará el estudio dentro del ambiente de trabajo real, ya sea este en taller o campo, no alterando las condiciones ni los actos presentados durante su análisis.

El objetivo de estos análisis es favorecer y ayudar tanto a la empresa como a sus colaboradores a realizar buenas prácticas de reparación evitando fallas continuas después de su proceso. Será favorable para ambos lados el logro de los objetivos.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. POBLACIÓN

Equipos Komatsu modelo D475A-5E0 del Taller de Reparación de Tractores en Southern, unidad operativa Toquepala.

3.3.2. MUESTRA

La muestra se tomará en 2 equipos del mismo modelo D475A-5E0 Komatsu del Taller de Reparación de Tractores la cual servirá para analizar cuanto se mejoró en la optimización en el proceso de reparación de los equipos.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN

Las técnicas utilizadas en la investigación serán estrictamente basadas en la documentación existente en el taller, comparando procedimientos escritos por el fabricante y mejorándolos con el fin de reducir los tiempos en la reparación de componentes.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1. IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS

Para poder realizar las evaluaciones en el equipo estudiado y poder determinar las fallas presentes antes de una reparación, se usarán herramientas especiales como son medidores de presión para todos los sistemas, medidores de temperatura, multímetro entre otras herramientas manuales. Las herramientas utilizadas en las evaluaciones son generales para todos los equipos Komatsu, con los cuales se podrán evaluar todo tipo de fallas.

Con respecto a la evaluación del tren de carrilería se tendrá que utilizar herramientas de mediciones especiales solo para ese sistema, ya que no nos ayudara en la evaluación de otros sistemas.

Los equipos en general tendrán que ser monitoreados mediante indicadores de horas instalados en el panel de instrumentos. Estos parámetros nos indicaran exactamente en qué momento se debe de realizar los mantenimientos programados, además de monitorear los componentes por horas de funcionamiento.

Este procedimiento de monitoreo solo es aplicado en equipos pesados ya que en el sector automotriz el control es por medio de un odómetro el cual nos calcula el tiempo de mantenimientos e intercambios de componentes por medio del kilometraje recorrido del equipo.

La vida útil de un equipo en maquinaria pesada dependerá del cuidado del mismo o del terreno donde se encuentre operando. Los componentes mayores de un equipo como es transmisión, motor y sistema hidráulico cuentan con un promedio de 15000 horas para su reparación general dependiendo si este no sufrió alguna falla anterior durante su operación.

El tiempo de reparación de un componente dependerá del stock de repuestos que maneja el proveedor, esto podría ocurrir entre 3 a 4 meses dependiendo su disponibilidad. En

algunos casos los componentes se envían a instalaciones del proveedor para poder ser reparado y regresa al lugar para el montaje y pruebas.

Se necesitará permiso para el ingreso de códigos al panel monitor, el cual nos permitirá obtener un registro de trabajo del equipo, así mismo verificar los códigos de falla presentes ante una ocurrencia. Estos códigos serán de gran apoyo para una evaluación correcta en el equipo y determinar su falla.

Se utilizará procedimientos adecuados para mejorar los establecidos por el fabricante, estos procedimientos serán adecuados a los escenarios actuales en taller y de acuerdo las herramientas e instrumentos presentes. Esto ayudara a tener un panorama más claro para poder agilizar los trabajos de evaluación y reparación de componentes.

Se propone analizar los componentes más grandes ya que en ellos se presentan más dificultades durante su reparación.

CONTROL DE HORAS DE LOS COMPONENTES

Tabla 3. Control de horas de los componentes.

Nro. De equipo	Tipo componente	Descripción del componente	Horas. Limite componente (hrs.)	Hrs. De garantía del componente (hrs.)	Estado actual del componente	Horas actuales del componente
D475a 1	Mayor	Motor	10,000	4,000	sin garantía	10,818
D475a 1	Mayor	Radiador	10,000	5,000	sin garantía	10,818
D475a 1	Mayor	Transmisión	10,000	2,000	sin garantía	10,818
D475a 1	Mayor	Convertidor	10,000	4,000	sin garantía	10,818
D475a 1	Mayor	Rueda guia delantera rh	8,000	2,000	sin garantía	10,818
D475a 1	Mayor	Alternador	6,000	2,500	sin garantía	10,818
D475a 1	Mayor	Arrancador	6,000	2,500	sin garantía	10,818

Fuente: Elaboración propia.

VALORES RELATIVOS Y HORAS DE COMPONENTES

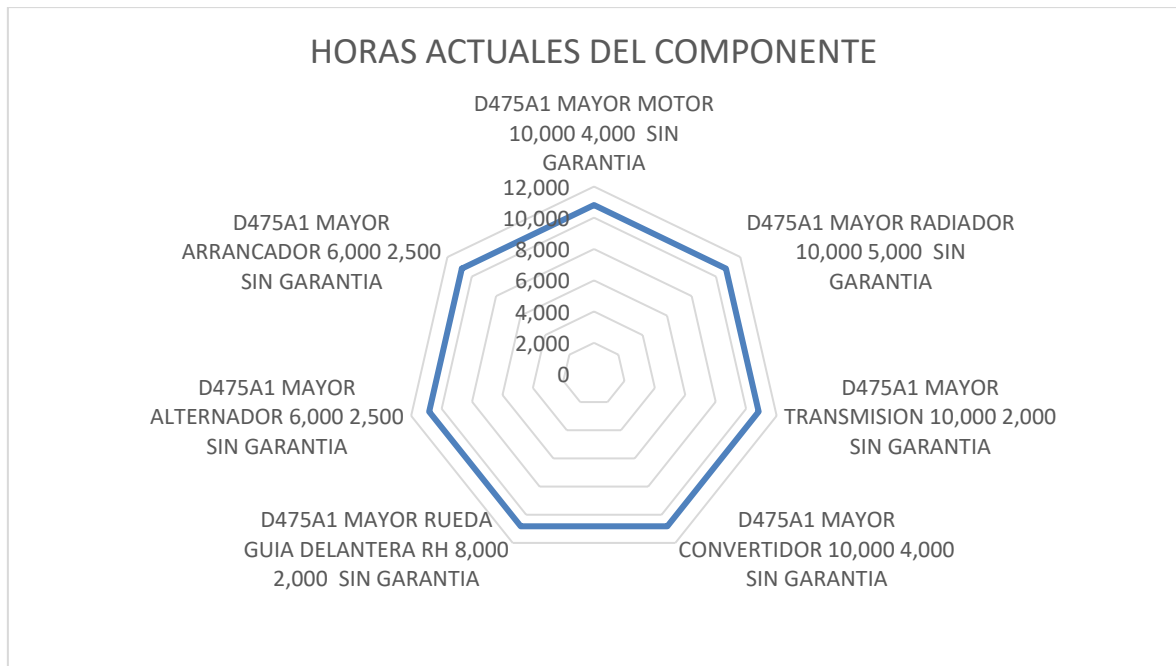


Figura 15. Valores relativos y horas de componentes.

Fuente: Elaboración propia.

4.2. ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN.

La solución dependerá mucho de los pasos a seguir para una buena reparación del equipo en general, ya que este tendrá que ser acondicionado a las condiciones donde se realice la reparación, además se tendrá que contar con las herramientas necesarias solicitadas por el fabricante, ya que sin ellas no se podría realizar una evaluación efectiva.

En muchos casos se utilizarán herramientas alternativas ya que no se contará con las marcas especificadas por el fabricante, pero cumplen la misma función y están dentro de las normas de seguridad establecidas por el fabricante.

4.3. DISEÑO Y PROCESO

Dada que la investigación es de metodología explicativa y documental se analiza estrictamente la disponibilidad de los equipos, se revisará informes de fallas de equipos después de su reparación, además de inspeccionar los procedimientos empleados durante su proceso de reparación total.

Para este caso de estudio definiremos la problemática durante la reparación estudiando la

información necesaria que se encuentra en el taller de reparación de tractores de la unidad operativa de Toquepala.

Se realizará el estudio dentro del ambiente de trabajo real, no alterando las condiciones ni los actos presentados durante su análisis.

El objetivo de estos análisis es favorecer y ayudar tanto a la empresa como a sus colaboradores a realizar buenas prácticas de reparación evitando fallas continuas después de su proceso. Será favorable para ambos lados el logro de los objetivos.

CAPÍTULO V

CONSTRUCCIÓN

5.1. CONSTRUCCIÓN

Se implementará formatos que faciliten la evaluación del equipo, se creará procedimientos de reparación de equipos en taller, así como reparaciones fuera de taller por terceros.

Los procedimientos serán estandarizados para proveedores de servicios los cuales deberán regirse a los formatos establecidos por el área. Esto garantizará tener un mejor control de evaluación de los equipos y asegurar su buen funcionamiento.

5.1.1. FORMATO DE INSPECCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Se evalúa implementar un formato de inspección de equipo el cual nos servirá para anticipar los problemas que puedan encontrarse, además que también ayudara a tener evidencias de la recepción de un equipo, estado en el que llegó para poder aprovechar al máximo el tiempo de parada.

Cuando un equipo entra a taller por reparación general se nota que no se realiza una buena inspección, el cual nos podría servir para corregir todas las posibles fallas que puedan estar ocurriendo en los componentes periféricos del equipo. Esto será de gran importancia para evitar paradas después de una reparación o cambio de componentes mayores.

La inspección también es importante ya que nos anticipa que tipo de herramientas usaremos cuando se realice la reparación además de poder ir anticipando un pedido de repuestos para agilizar su llegada en caso no estuviera en la zona de reparación.

5.1.1.1. FORMATO DE INSPECCIÓN DE TRACTOR DE ORUGAS D475AX-5.

Tabla 4: Formato De Inspección De Tractor De Orugas D475A-5E0.

Encargado:	Técnico:
Fecha:	Orden:

Modelo de equipo:	Serie del equipo:
Modelo de Motor:	Serie del Motor:
Horas:	

PANEL Y SISTEMA ELÉCTRICO

Bueno	Malo	
		Interruptores (chapa de contacto, luces etc.)
		Luces de precaución (operativos, inoperativo horometro, carga de batería, etc.)
		Medidores analógicos (funcionamiento temperatura, combustible, etc.)
		Monitor del equipo operativo, inoperativo
		Funcionamiento luces de salón, faltantes
		Pedal de aceleración. Condición del potenciómetro.
		Códigos de falla. Cables, conexiones.
		Carga de batería, estado.
		Alternador. Funcionamiento, voltaje de carga, ruidos
		Arrancador. Funcionamiento, ruidos anormales. Fuga de aceite

SISTEMA DE MOTOR

Bueno	Malo	
		Aceite.....cambio, estado del aceite, muestra.
		Filtro de aceite.... Cambio, golpeado, saturado.
		Mangueras y cañerías de aceite.... Fugas, desgaste.
		Filtros de aire... saturados, cambiados.
		Mufle de escape.... Saturado, roto, suelto etc.
		Turbo compresor.... Fuga de gases, aceite, ruidos anormales.
		Tapa de balancines.... Fuga de aceite, dañadas, etc.
		Block y culata.....fugas de aceite, agua y gases; rajaduras
		Tanque de combustible.... Colador, fugas, nivel, contaminación
		Filtros de combustible.... Saturados, dañados, sueltos.
		Inyectores.... Color de humo, pérdida de potencia, fugas, excesivo retorno.
		Revoluciones del motor en altas rpm..... funcionamiento.
		Revoluciones del motor en bajas rpm..... funcionamiento.
		Revoluciones del motor en altas rpm calado de transmisión..... funcionamiento
		Revoluciones del motor en altas rpm calado de sistema hidráulico.... Funcionamiento.
		Revoluciones del motor en altas rpm calado transmisión y sistema hidráulico..... funcionamiento.
		Presión de refuerzo del turbo.....excesivo (alta o baja).....
		Presión de gases de escape..... cantidad de gases, reacción del motor en calado.

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Bueno	Malo	
		Tapa de radiador y tanque de reserva..... Operativo, fugas, faltante, etc.
		Temperatura del sistema de refrigeración. Estado encontrado, valores.
		Estado de bomba de agua.... Fugas, temperatura de refrigerante.
		Alaves del ventilador.... Rotas, dobladas, rejillas dañadas.
		Líneas de refrigerante.... Resecas, anuladas, fugas de refrigerante.
		Radiadores.... Estado de la tina, nivel de refrigerante, fugas, etc.
		Tanque de expansión.... Dañado, con fugas, óxido, nivel, etc.

TORQUE CONVERTIDOR Y PTO

Bueno	Malo	
		Tuberías y mangueras de aceite.... Fugas desgaste, resacas, etc.
		Eje cardan.... Grasa, pernos sueltos, rotos
		Temperatura.... Medir la temperatura en panel, estado encontrado.
		Calado del convertidor.... Estado, funcionamiento.
		Aceite del pto.... Estado, nivel, muestra.
		Filtros respiraderos.....obstrucción de filtros, faltantes
		Dámper.... Sonidos anormales, funcionamiento, pruebas
		Acoplamiento de embragues..... estado. Presiones.

SISTEMA DE TRANSMISION

Bueno.	Malo.	
		Fluido.... Estado, nivel del aceite, fugas
		Estrainer de la transmisión..... Saturado, partículas, fugas
		Filtros de transmisión.... Saturados, mal montaje, obstruidos
		Líneas de aceite.....fugas, desgaste, etc.
		Filtros respiraderos.... Contaminación, obstrucción, fuga de aceite
		Funcionamiento de embragues.... Acoplamientos, presiones
		Eje de transmisión..... Lubricación, pernos rotos, daños.
		Sistema pccs..... Operación, daños, funcionamiento
		Sistema de control.... Estado de conectores, fugas de aceite, contaminación, harnees
		Calado de equipo... nivel de respuesta, ruidos anormales, acoplamiento de embragues
		Pedal de aproximación.....acopla, desacopla

SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENOS

Bueno	Malo	
		Aceite.... Nivel, toma de muestra
		Elemento del filtro hidráulico....fugas, estado, daños, etc.
		Palanca de bloqueo.... Acopla, desacopla, posición adecuada, dobladuras
		Estado de los embragues.... Funcionamiento, respuesta del equipo, fugas de aceite, etc.
		Frenado.... Respuesta del sistema, pruebas de calado, presiones

DIFERENCIAL Y MANDOS FINALES

Bueno	Malo	
		Nivel de aceite, fugas, estado de tapones magnéticos
		Filtros respiraderos.... Estado, contaminación
		Sellos del mando final... fugas d aceite
		Estructuras del mando final... golpes, pernos sueltos o faltantes, tapones, etc.
		Segmentos.... Faltantes, toros, con desgaste excesivo
		Estado... temperaturas, pruebas de frenado, rotación de mandos

SISTEMA DE TREN DE RODAMIENTO

Bueno	Malo	
		Segmentos de sprocket.... Faltantes, toros, desgastado, pernos
		Zapatatas.... Seltas, pernos faltantes, pernos sueltos, desgaste
		Eslabón simple y master.... Roto, dañados, desgastados
		Pines y bocinas..... desgastado, girados, sueltos, rotos
		Rodillos inferiores y superiores.....desgaste, ajuste de tapas, fugas de aceite
		Rueda de guía.....fugas de aceite, desgaste de pestaña, golpes, pernos sueltos
		Pats y guardas.... Gastadas, faltantes, pernos rotos
		Estiramiento de orugas.....tensión, fuga de grasa
		Templadores.... Fuga de grasa, picaduras en el pistón
		Barra equalizadora.....lubricación, ruidos anormales, golpes

SISTEMA HIDRÁULICO

Bueno	Malo	
		Nivel de aceite.... Fugas
		Filtro hidráulico.... Deterioro, pernos sueltos de tapa, golpes, saturación
		Bloque de válvulas..... fugas, regulaciones,
		Pistones hidráulicos..... picaduras, golpes, fugas de aceite, caída de cilindros
		Enfriador de aceite hidráulico.....fugas, golpes, pernos sueltos
		Sistema de pilotaje.... Fugas de aceite, funcionamiento correcto, daños en los controles

CABINA Y GUARDAS

Bueno	Malo	
		Asiento del operador... amortiguador, cinturón, apoyabrazos
		Estructura de la cabina.... Pernos sueltos , golpes
		Puertas y ventanas..... Vidrios, chapas, manijas
		Alfombras pisos.... Rotos, dañados, faltantes

EQUIPO DE TRABAJO DELANTERO

Bueno	Malo	
		Tuberías y líneas...fuga de aceite, desgaste de tuberías, golpes, guardas
		Lampón.... Estado de planchas, protectores
		Cantoneras y cuchillas.....faltantes, pernos sueltos o rotos, desgaste
		Sensores de posición.... Conectores, funcionamiento, desgaste
		Pines y bocinas.... Lubricación, desgaste, juego axial y radial

EQUIPO DE TRABAJO POSTERIOR

Bueno	Malo	
		Tuberías y líneas...fuga de aceite, desgaste de tuberías, golpes, guardas

		Ripper.... Estado de planchas, protectores
		Uñas y protectores.....faltantes, pernos sueltos o rotos, desgaste
		Pines y bocinas.... Lubricación, desgaste, juego axial y radial
		Sistema de control de pilotaje.... Fugas, funcionamiento
		Estado de pistones hidráulicos.....fugas, daños, golpes

SISTEMA DE SEGURIDAD		
Bueno	Malo	
		Peldaños, pasamanos...faltantes, rotos, sueltos
		Alarmas y bocinas...funcionamiento
		Sistema contra incendios.....operatividad,
		Barandas y escaleras. Roto, faltantes, pernos
		Traba del sistema hidráulico... accionamiento, pruebas
		Traba del sistema de transmisión.....operativo, inoperativo, posición
		Estructura.... Daños, pernos sueltos o faltantes
		Sistema de calefacción y aire acondicionado....estado, filtros
		Luces de equipo..... operativos, faltantes, cables rotos o dañados.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.2. FORMATO DE EVALUACIÓN DEL EQUIPO

Este formato está diseñado para tomar presiones antes de una reparación general o al presentarse alguna ocurrencia que requiera de las pruebas, esto ayudara a definir si los componentes pueden seguir trabajando, requieren cambio o simplemente se encuentran fuera de servicio. Los valores para la evaluación son establecidos y se requieren sacar del manual especificado por el fabricante según la serie del equipo y modelo del equipo.

Es de vital importancia tomar los parámetros o presiones de todos los sistemas ya que ayudará a una correcta evaluación de cada componente para su reparación, así mismo al momento de ser instalado un componente se requiere ser nuevamente verificado por parámetros para saber que estos se están entregando de forma correcta para el funcionamiento correcto del equipo.

En el área de mantenimiento en casos donde el cliente entrega una reparación del equipo se toma formatos establecidos por ellos. Generar una nueva evaluación según los valores y formato establecido por el fabricante en relación al equipo ayudara a confirmar el correcto estado de cada componente siendo este confiable para su funcionamiento.

5.1.2.1. FORMATO PARA EVALUACIÓN DE TRACTOR D475A-5E0.

Tabla 5. Formato para evaluación de motor.

Componente		Mediciones y condiciones		Unidad	Valores estándares	Limite maquina usada	Valor medido	Acceptable	Fuera de servicio
Motor	Velocidad del motor	Velocidad ralenti		Rpm					
		Altas rpm	Pedal de aceleración aplicado						
			Velocidad normal						
			Desacelerador pedal aplicado						
		F3 calado convertidor							
		F3 calado convertidor más ripper							
		Presión de refuerzo	F3 calado		Kpa {mmhg}				
	Temperatura gases de ex	Temperatura de ambiente		°c					
		F3 calado							
	Blow-by presión	F3 calado		Kpa {mmh2o}					
	Presión de aceite del motor	Altas rpm		Mpa					
		Bajas rpm		{kg/cm²}					

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 6: Formato para evaluación del ventilador.

Componente		Mediciones y condiciones		Unidad	Valores estándares	Limite maquina usada	Valor medido	Aceptable	Fuera de servicio
Ventilador	Velocidad	Ajustar código 1005 en panel	Bajas rpm	Rpm					
			Altas rpm						
	Presión del circuito		Altas rpm	Mpa {kg/cm ² }					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Formato evaluación de convertidor de torque.

Componente		Mediciones y condiciones		Unidad	Valores estándares	Limite maquina usada	Valor medido	Aceptable	Fuera de servicio
Convertidor de torque	Presión de entrada	Monitoreo código 32601	Bajas rpm	Mpa {kg/cm ² }					
			Altas rpm						
	Presión de salida	Monitoreo 32603	Bajas rpm						
			Altas rpm						
	Presión de lockup clutch	Selector en modo automático							
		Selector: f1	Bajas rpm						
	Traslado sin carga	Altas rpm							

	Presión de embrague de estator	Selector en modo neutral	Bajas rpm					
			Altas rpm					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Formato de evaluación de transmisión.

Componente		Mediciones y condiciones		Unidad	Valores estándares	Limite maquina usada	Valor medido	Acceptable	Fuera de servicio
Transmisión	Presión de alivio principal	Selector en posición neutral	Bajas rpm	Mpa {kg/cm ² }					
			Altas rpm						
	Presión de embrague de avance	Selector marcha: f3 Freno aplicado	Bajas rpm						
	Presión de embrague reversa	Selector marcha: r3 Freno aplicado	Bajas rpm						
	Presión de embrague 1st	Selector marcha: f1 Freno aplicado	Bajas rpm						
	Presión de embrague 2nd	Selector marcha: f2 Freno aplicado	Bajas rpm						
	Presión de embrague 3rd	Selector marcha: f3 Freno aplicado	Bajas rpm						

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Formato de evaluación del freno.

Componente		Mediciones y condiciones		Unidad	Valores estándares	Limite maquina usada	Valor medido	Aceptabl e	Fuera de servicio
Freno	Presión de freno derecho	Neutro freno aplicado	Bajas rpm	Mpa					
			Altas rpm						
	Presión de freno izquierdo	Neutro freno aplicado	Bajas rpm						
			Altas rpm						
	Rendimiento del freno	F2, calado y altas rpm							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Presión de aceite del equipo de trabajo.

Componente		Mediciones y condiciones		Unidad	Valores estándares	Limite maquina usada	Valor medido	Aceptabl e	Fuera de servicio
Presión de aceite del equipo de trabajo	Presión de carga	Equipo de trabajo en posición neutral	Altas rpm	Mpa					
	Presión de alivio principal	Calado de ripper	Altas rpm						
	Presión ls		Altas rpm						
	Presión de alivio de dirección	Freno aplicado	Altas rpm						
	Presión ls de dirección		Altas rpm						
	Presión básica	Equipo de	Altas rpm						

	del circuito	trabajo en posición neutral							
--	-----------------	--------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Verificación de tiempos de equipo de trabajo.

Componente		Mediciones y condiciones		Unidad	Valores estándares	Limite maquina usada	Valor medido	Acceptable	Fuera de servicio
Velocidad de equipo de trabajo	Subir hoja	Altas rpm	Sec						
	Inclinación de hoja	Altas rpm							
	Bajar ripper	Altas rpm							
	Cargar ripper	Altas rpm							

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3. PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO SEGURO.

Los procedimientos son secuencia de actividades especificadas por el fabricante, para el caso de las actividades de reparación general de componentes se acondicionará las actividades según las condiciones de taller. Esto ayudará a poder acondicionar los espacios y herramientas necesarias para la realización de las actividades, también permitirá adquirir las herramientas especiales e instrumentos necesarios para poder realizar las evaluaciones.

Para algunas actividades se coordinará con proveedores de la marca del equipo los cuales serán de vital importancia por contar con herramientas especificadas por el fabricante y tener licencias necesarias para su uso. Ellos podrán realizar el monitoreo necesario del equipo según códigos de acceso necesario que permitan brindar información.

5.1.3.1. PERSONAL.

Item	Descripción de Puesto
1	Técnicos mecánicos (personal con experiencia en esta tarea y autorización manejo de montacargas)
2	Supervisor (con experiencia)

5.1.3.2. EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL.

Item	Descripción de Equipo Protección Personal
1	Casco de Protección
2	Guantes de cuero
3	Ropa de Trabajo
4	Zapatos de Seguridad
5	Lentes de protección
6	Arnes de seguridad
7	Chaleco reflectivo
8	Protectores de oídos

5.1.3.3. EQUIPO/ HERRAMIENTAS/ MATERIALES.

Item	Descripción	Cantidad
1	Montacarga 12 ton.	1
2	Grua Puento 35 ton.	1
3	Caja de herramientas estándar	3
4	Conos de seguridad	30

5.1.3.4. DESARROLLO EN PROCEDIMIENTO DE DESMONTAJE DE COMPONENTES.

- Dar lectura al mencionado procedimiento antes de realizar el trabajo.
- Cumplir con el llenado de formatos de seguridad según corresponda. (IPERC, PETAR, Inspección de herramientas).
- Lave la unidad sobre todos los componentes a remover o limpiar donde se va trabajar.
- Estacionar el equipo sobre todo los componentes a remover o limpiar donde se va a trabajar.
- Estacionar la unidad en la bahía apropiada que tenga una grúa puente.
- Colocar el ripper y el bulldozer sobre el piso y sobre planchas de fierro con la finalidad de no dañar el piso.
- Apague la máquina y abrir el contacto.
- Despresurizar el sistema hidráulico moviendo las palancas de mando.
- Colocar el freno de parqueo y cortar el suministro de la batería.

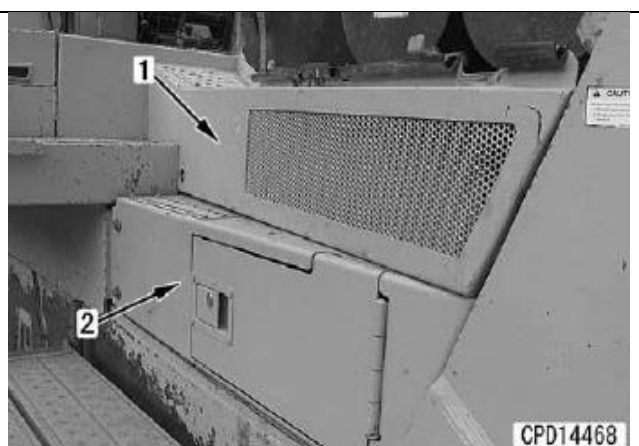
- Colocar candado de traba y tarjeta (lock-out y tag-out) por cada mecánico asignado al trabajo y colocar el tablero de no operar.
- Aislar el área de trabajo.
- Antes de usar herramientas de levante (Tecles, grúas, estrobos, eslingas, etc.) revisar minuciosamente su estado y la capacidad de izaje de estas.
- Mantener limpia el área de trabajo.

5.1.3.5. PROCEDIMIENTO PARA EL DESMONTAJE DE MOTOR

1. Retire las guardas laterales de motor LH Y RH. Proceda con el retiro de los pisos del equipo.

Figura 16. Guardas de motor.

MANUAL KOMATSU.(2013), SM D475-5E0
30001-UP SEN00203-16



2. Retire la plataforma superior del motor. Tenga precaución con los conectores del sistema de luces.

Figura 17. Retiro de plataforma de motor.

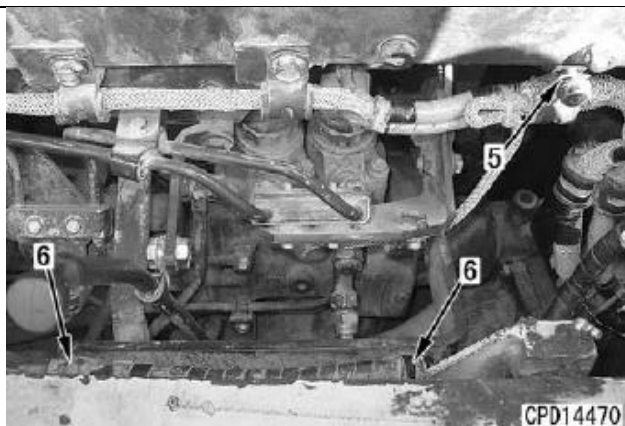
MANUAL KOMATSU.(2013), SM D475-5E0
30001-UP SEN00203-16.



3. Proceda con el desmontaje de conectores eléctricos del motor. Retire cuidadosamente conectores y sensores del harnees que dificulten su desmontaje.

Figura 18. Retiro de harnees.

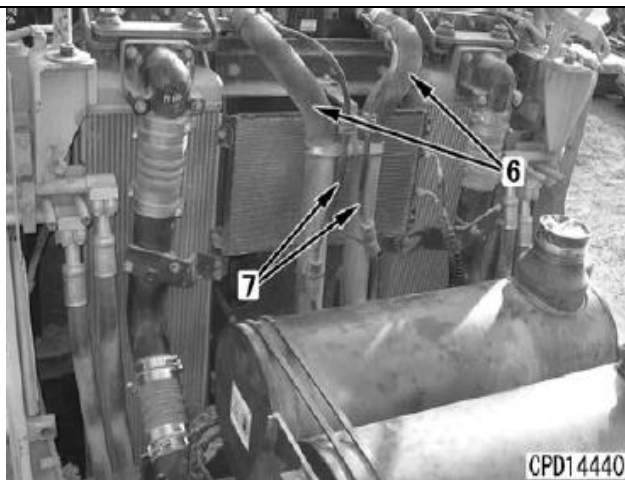
MANUAL KOMATSU.(2013), SM D475-5E0
30001-UP SEN00203-16



4. Retire las líneas de retorno y alimentación de combustible del tanque, desmontaje de líneas de refrigeración, retire las abrazaderas y desmonte los silenciadores del motor.

Figura 19. Desmontaje del sistema de refrigeración.

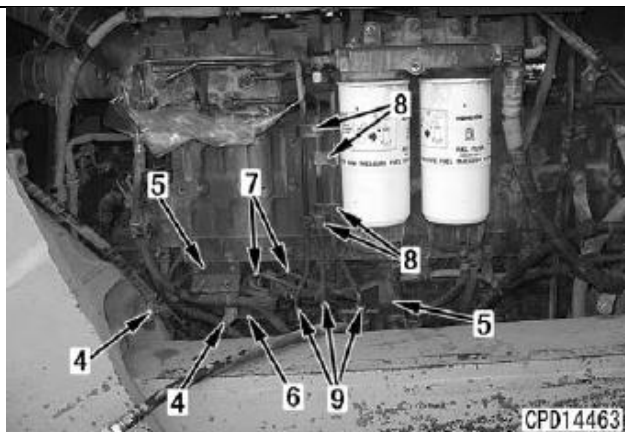
MANUAL MANUAL KOMATSU.(2013), SM
D475-5E0 30001-UP SEN00203-16



5. Remover los filtros de aceite y combustible para poder acceder al conector de los controladores del motor.

Figura 20. Remoción de filtros.

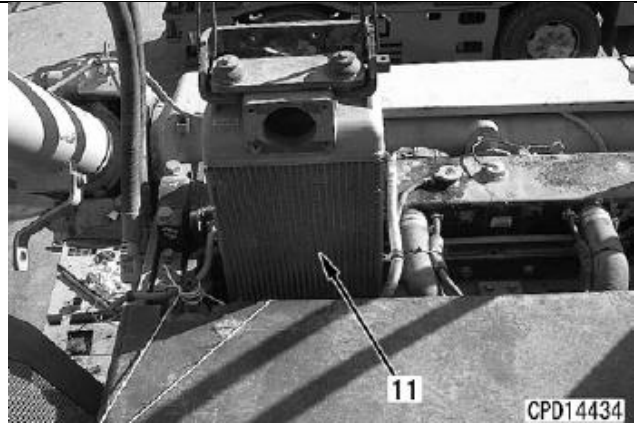
MANUAL KOMATSU.(2013), SM D475-5E0
30001-UP SEN00203-16



6. Desmontaje de conjunto de aftercooler para generar espacio y poder retirar el motor.

Figura 21. Desmontaje de Aftercooler.

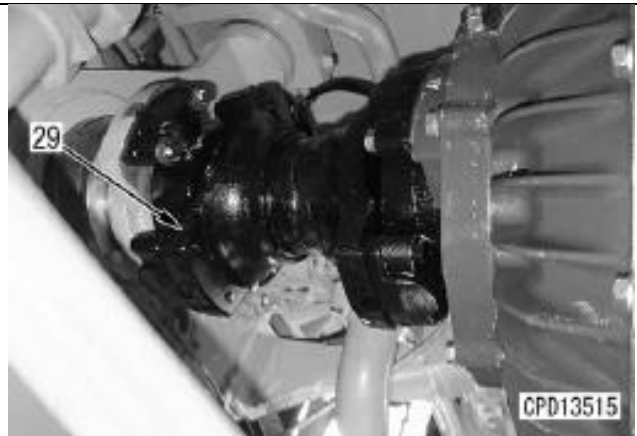
MANUAL KOMATSU.(2013), SM D475-5E0
30001-UP SEN00203-16



7. Desmontaje de eje cardan de acoplamiento con la transmisión, desmontaje de soportes del motor.

Figura 22. Desmontaje de eje cardan.

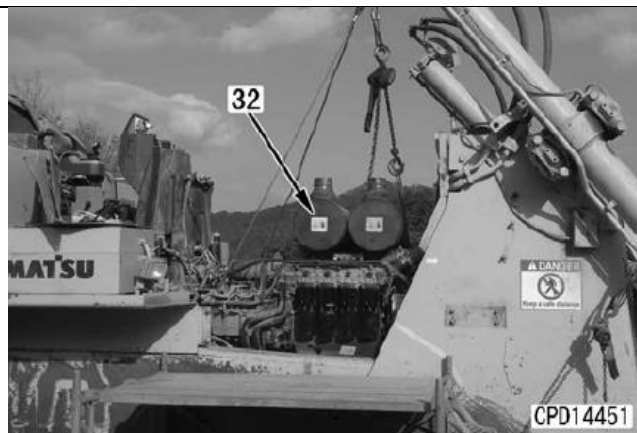
MANUAL KOMATSU.(2013), SM D475-5E0
30001-UP SEN00203-16



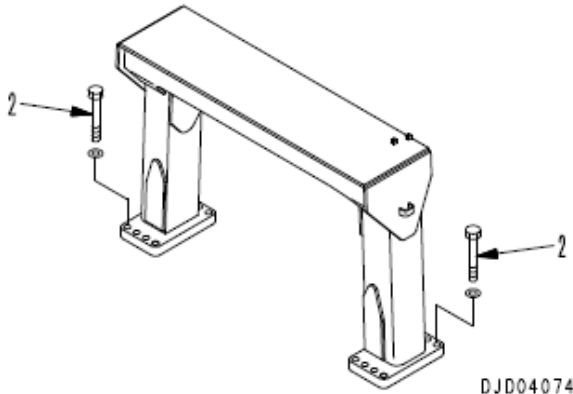
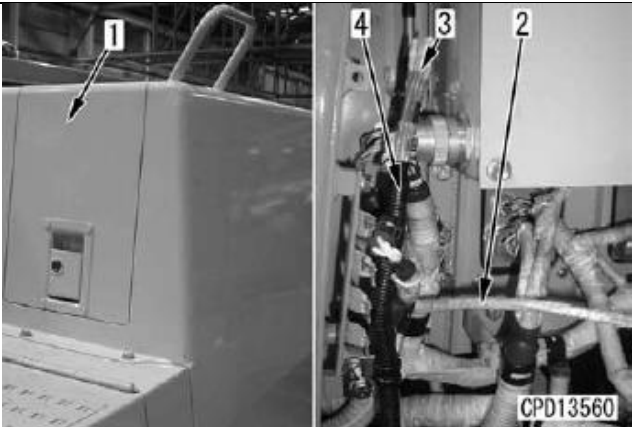
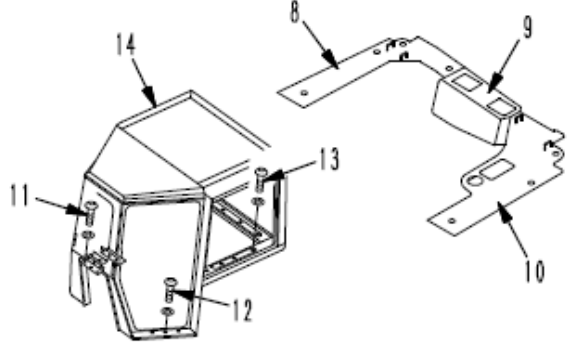
8. Proceda con el desmontaje del motor. Use guías para el desmontaje, vientos para estabilizar el motor.

Figura 23. Remoción del motor del equipo.

MANUAL KOMATSU.(2013), SM D475-5E0
30001-UP SEN00203-16



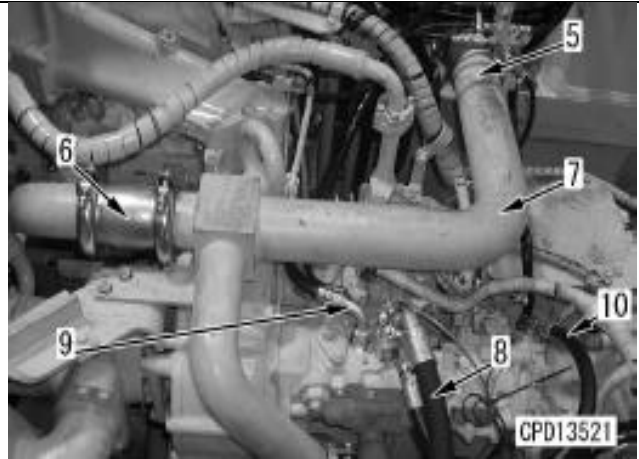
5.1.3.6. PROCEDIMIENTO PARA EL DESMONTAJE DE TRANSMISIÓN Y TORQUE CONVERTIDOR

<p>9. Retire el conjunto ROPS de la cabina.</p> <p><i>Figura 24.</i> Retiro de Rops.</p> <p>MANUAL KOMATSU.(2013), SM D475-5E0 30001-UP SEN00203-16</p>	 <p>DJD04074</p>
<p>10. Desmontaje de harnees del sistema hidráulico, desmontaje de líneas hidráulicas de comandos, retire los conectores de harnees de cabina.</p> <p><i>Figura 25.</i> Retiro harnees del sistema hidráulico.</p> <p>MANUAL KOMATSU.(2013), SM D475-5E0 30001-UP SEN00203-16</p>	 <p>CPD13560</p>
<p>11. Retire los pernos de sujeción de soporte de cabina, proceda con el desmontaje de cabina.</p> <p><i>Figura 26.</i> Retiro de pernos de sujeción de cabina.</p> <p>MANUAL KOMATSU.(2013), SM D475-5E0 30001-UP SEN00203-16</p>	 <p>DJD04075</p>

12. Desmontaje de tuberías de succión de bombas hidráulicas.

Figura 27. Desmontaje de tuberías del Sistema Hidráulico.

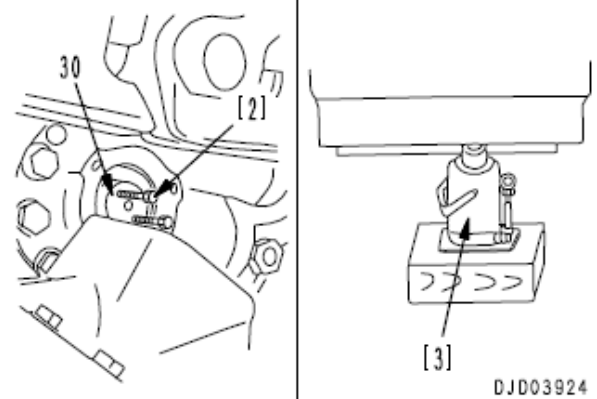
MANUAL KOMATSU.(2013), SM D475-5E0 30001-UP SEN00203-16



13. Remover los ejes de accionamiento del tren de fuerza y soportes de caja de dirección.

Figura 28. Remoción de ejes.

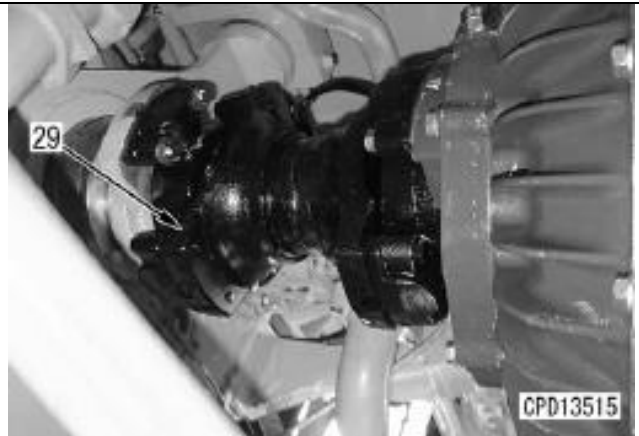
MANUAL KOMATSU.(2013), SM D475-5E0 30001-UP SEN00203-16



14. Desmontaje de eje cardan de acoplamiento con la transmisión, desmontaje de soportes del motor.

Figura 29. Desmontaje de eje de acoplamiento.

KOMATSU.(2013), SM D475-5E0 30001-UP SEN00203-16



15. Proceda con el desmontaje del conjunto de transmisión y convertidor de torque.

Figura 30. desmontaje de transmisión.

KOMATSU.(2013), SM D475-5E0 30001-UP
SEN00203-16



5.1.4. INFORMES DE TRABAJO REALIZADOS POR PERSONAL DE TALLER Y ALINEADOS A PROVEEDORES

El informe técnico es un formato diseñado con la finalidad de detallar todos los trabajos realizados en una reparación, así mismo este presenta justificaciones del proceso de reparación de un componente.

Cuando el cliente recibe el componente reparado por el proveedor deberá corroborar los datos del componente con el informe dando el visto bueno de la recepción.

Es necesario que los proveedores estén alineados a procedimientos establecidos por la organización, de esa forma los trabajos se realizaran de la mejor manera y se obtendrá resultados óptimos para la organización.

El formato de evaluación aplica a trabajos realizados dentro y fuera de la organización y es revisado por el encargado de cada área operativa. Para el caso el formato es revisado por la jefatura de taller y aprobado por la gerencia de mantenimiento.

5.1.4.1. FORMATO DE INFORME TÉCNICO

Tabla 12. Plantilla de informe.

INFORME TECNICO PRELIMINAR

FECHA:

ATENCION :

CC :

DE :

ASUNTO :

1. DATOS GENERALES.

1.1	Localizacion	
1.2	Modelo – Tipo	
1.3	Fecha de Inspección	
1.4	Horas del motor	
1.5	Horómetro Equipo	

2. DATOS DEL EQUIPO.

2.1	Equipo	
2.2	Serie Maquina N°	
2.3	Serie Motor	

3. DATOS DEL LUGAR Y DEL TIPO DE TRABAJO:

3.1	Aplicación	
3.2	Material	
3.3	Condición del Terreno	

3.4	Altitud (msnm):	
3.5	Severidad del Trabajo	
3.6	Operación	

4. OBJETIVOS:

5. ANTECEDENTES:

6. TRABAJOS REALIZADOS

7. CONCLUSIONES

8. RECOMENDACIONES

9. FOTOS

--	--

10. DOCUMENTOS ADJUNTOS

Fuente: Elaboración propia.

5.1.5. DOP DE REPARACIÓN DE EQUIPO

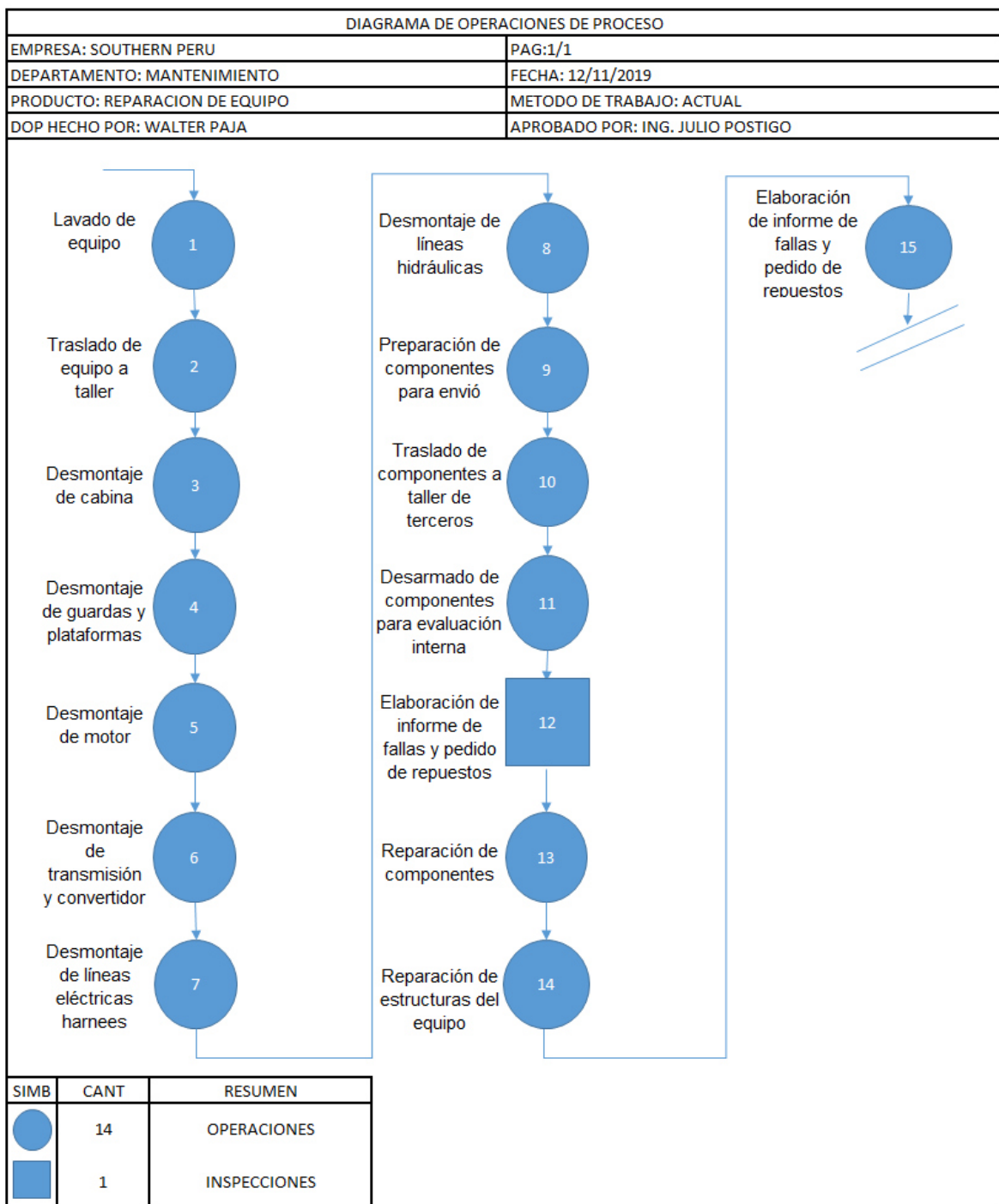


Figura 31. Dop de proceso de reparación de equipo según tabla

Fuente: Elaboración propia.

5.1.6. DIAGRAMA DE IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS

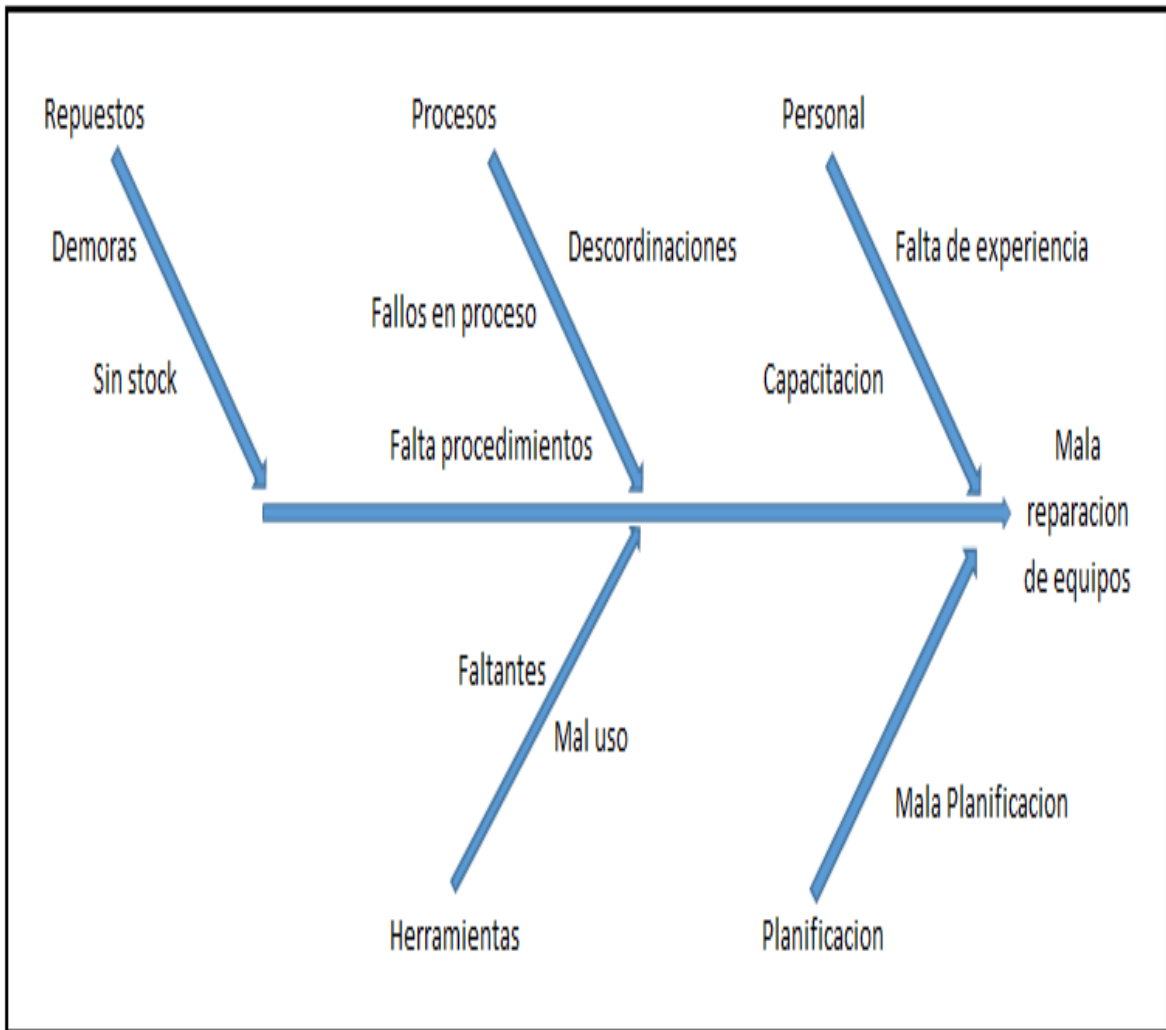


Figura 32. Diagrama de Ishikawa.

Fuente: Elaboración propia.

5.2. PRUEBAS Y RESULTADOS

5.2.1. PROCEDIMIENTO DE REPARACION MEJORADO

Tabla 13. Procedimientos actuales para reparación de equipo.

Item	Procedimiento mejorado para la reparación	Modelo: d475a-5e0
	Tractor de orugas	N° de serie:
1	Lavado de equipo	
2	Traslado de equipo a taller	
3	Inspección general	
4	Evaluación de sistemas para verificación de estado	
5	Desmontaje de cabina	
6	Desmontaje de guardas y plataformas	
7	Desmontaje de motor	
8	Desmontaje de transmisión y convertidor	
9	Desmontaje de líneas eléctricas harnees	
10	Desmontaje de líneas hidráulicas	
11	Preparación de componentes para envío	
12	Traslado de componentes a taller de terceros	
13	Desarmado de componentes para evaluación interna	
14	Evaluación y generación de reportes de componentes	
15	Elaboración de informe de fallas y pedido de repuestos	
16	Reparación de componentes	
17	Reparación de estructuras del equipo	
18	Formato de entrega de equipo de reparación	
19	Pruebas de funcionamiento en campo	

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. DOP DE REPARACIÓN DE EQUIPO CON PASOS ADICIONALES

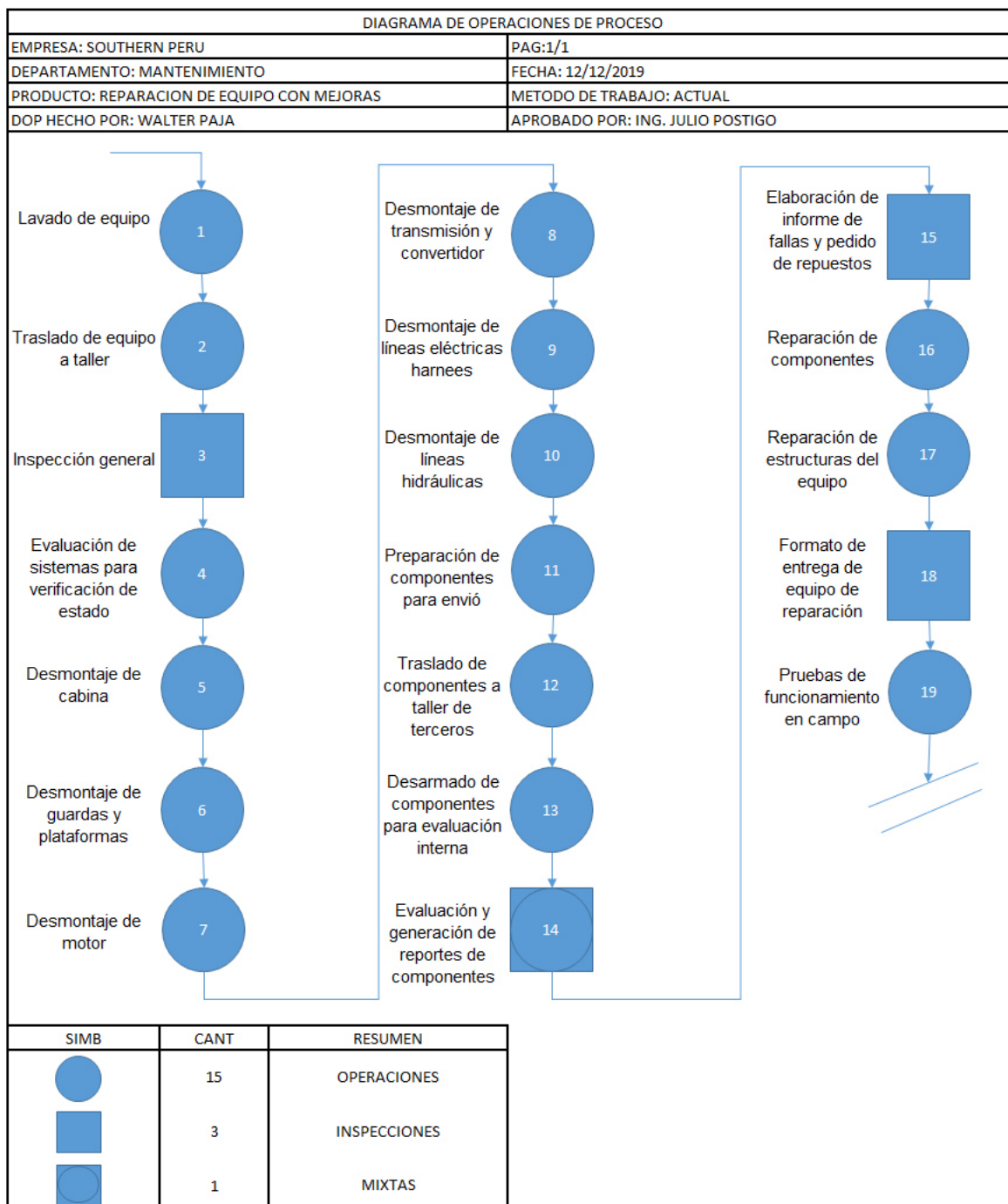


Figura 33. Dop de proceso de reparación de equipo según tabla 10.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3. INFORME DE EVALUACIÓN PARA DETERMINAR LAS FALLAS EXISTENTES Y CONCLUSIONES

INFORME TECNICO

Toquepala, 26 de junio del 2019

ATENCION : CARLOS PORTILLA

CC : PAUL PALMA

DE : WALTER ARTURO PAJA CHIRE

ASUNTO : INFORME DE RECALENTAMIENTO DE TRANSMISION D475AX

1 DATOS GENERALES.

1.1	Localización	Área Toquepala
1.2	Modelo – Tipo	D475A-5 Tractor de orugas.
1.3	Fecha de Inspección	26/06/2019.
1.4	Horómetro Equipo	10443 Horas.

2 DATOS DEL EQUIPO.

2.1	Equipo	D475A-5E0
2.2	Serie N°	50410

3 DATOS DEL LUGAR Y DEL TIPO DE TRABAJO:

3.1	Aplicación	Empuje de material, Acarreo
3.2	Material	Roca y mineral
3.3	Condición del Terreno	Media
3.4	Altitud (msnm):	3200 msnm
3.5	Severidad del Trabajo	Media
3.6	Operación	Botaderos, Acumulación Pala.

4. OBJETIVOS:

- Realizar una correcta evaluación con la finalidad de determinar posibles causas que originaron elevadas temperaturas en el sistema de transmisión y convertidor de torque, además de corregir el problema.

5. ANTECEDENTES:

- Equipo salió de overhaul fecha 19/03/2019 con 27095 horas por lo que a la fecha solo trabajo 26 horas.
- En el proceso de entrega de equipo durante overhaul, el sistema de transmisión presento elevadas temperaturas por lo que fue necesario el reemplazo de transmisión por parte del proveedor RECOLSA.
- El día 23/06/2019 el operador reporta elevadas temperaturas en el sistema de transmisión por lo que el equipo fue enviado a taller para su evaluación (27121 horas).
- Con fecha del 23/06/2019, el personal de MUR realiza evaluación por incremento de temperatura en el sistema de transmisión por lo que determinan que el problema probablemente se deba a elevadas presiones en el convertidor de torque.
- En el proceso de pruebas en taller, se observó que el Indicador de temperatura de la transmisión se encuentra inoperativo y que las temperaturas del sistema sobrepasan las especificadas por el manual de fabricante. (Temperatura tomada con el pirómetro).

6. TRABAJOS REALIZADOS:

- Se verificaron niveles de fluidos en general y se preparó equipo para evaluación.

- Se procedió al reemplazo de aceite de la transmisión por presentar elevadas temperaturas en el componente y encontrarse éste en mal estado.
- Se realizó el desmontaje de filtro strainer de la transmisión para inspección de posibles partículas provenientes de componentes dañados. No se encontró partículas extrañas en el filtro por lo que se supone que los componentes no presentan desgaste alguno.
- Se realizó evaluación de presiones en el sistema de transmisión y convertidor de torque por presentar elevadas temperaturas en el sistema.
- Desmontaje de válvulas de alivio del convertidor y transmisión para inspección por posibles desgastes.
- Regulación de válvula de alivio principal del convertidor por encontrarse las presiones del sistema elevadas. Para la regulación fue necesario el desmontaje de otros componentes periféricos como son tuberías y líneas hidráulicas.
- Desmontaje de la válvula de regulación del convertidor para inspección y corrección de problemas en la misma.
- Pruebas de calado y funcionamiento del equipo.

6.1 FORMATO DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y CONVERTIDOR DE TORQUE

Tabla 14. Evaluación de transmisión.

	Ítem	Condición	Valor std kg/cm ² (PSI)	Valor Medido kg/cm ² (PSI)	Estado
Transmisión	Presión de alivio de transmisión P6	Transmisión N Max RPM del motor	28.0-32.0	33(490)	OK
	Presión de aceite de lubricación P9	Transmisión N Max RPM del motor	1.0-3.0	2(29.4)	OK
	Presión de modulación P1	Transmisión N Max RPM del motor	34.5-37.5	36(530)	OK
	Presión de aceite de válvula reductora P3	Transmisión N Max RPM del motor	19.0-21.0	18(270)	OK

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Evaluación de convertidor.

Convertidor	Presión de alivio del convertidor P8	Transmisión N Max RPM del motor	7.0-9.0	12.2(180)	MAL
	Presión de entrada del convertidor 1	Transmisión N Max RPM del motor	7.0-9.0	11.22(164)	MAL
	presión de salida del convertidor 2	Transmisión N Max RPM del motor	3.5-4.5	11.56(170)	MAL
	Presión de aceite de la válvula lock-up	Transmisión N Max RPM del motor	18.0-20.0	20.4(300)	OK

Fuente: Elaboración propia.

7. CONCLUSIONES

- Durante el proceso de evaluación se encontró las presiones de entrada y salida del convertidor fuera de los rangos establecidos por el fabricante, además de presentar elevadas temperaturas en el housing del convertidor de torque. (las temperaturas fueron registradas con el pirómetro).
- Después de encontrarse las presiones del convertidor fuera del rango establecido se procedió a verificar presiones del sistema de convertidor y transmisión encontrándose la presión de alivio del convertidor fuera del rango establecido por el fabricante.
- Se realizó la calibración de la válvula de alivio del convertidor de par por ser el principal regulador de presión del sistema no obteniendo variación de presiones. (se dejó la calibración en su estado original al no encontrar variaciones de presión).
- Se procedió a la inspección de la válvula reguladora del convertidor de torque ya que esta cumple la función de regular la presión de salida del convertidor. Durante la inspección de la válvula se encontró fallos en el asentamiento de sus componentes, además de presentar decoloración en el spool por elevadas temperaturas.
- Durante el proceso de armado de la válvula después de la inspección, se observó que el montaje de la válvula no era el adecuado según el manual del fabricante procediendo a la instalación correcta del componente.
- Después de la instalación de forma correcta de la válvula del convertidor se procedió a realizar pruebas en el equipo quedando las presiones dentro de los rangos especificados por el fabricante siendo la falla la mala instalación de la válvula reguladora del convertidor. Cabe mencionar que esta válvula cuenta con desgaste y podría fallar por lo que se requiere de su reemplazo inmediato para evitar fallas posteriores del equipo y/o paradas repentinas.
- La falla también tuvo repercusión en la mala lectura del sensor de temperatura de la transmisión ya que al no estar la válvula reguladora en su posición adecuada esta no registraba temperaturas en el panel monitor. Ésta fue

corregida después de la instalación apropiada de la válvula reguladora del convertidor.

- Se realizó pruebas de funcionamiento del equipo quedando éste operativo.

7.1 FORMATO DE EVALUACION DESPUES DE CORREGIR EL PROBLEMA

Tabla 16, Evaluación de transmisión equipo regulado.

	Ítem	Condición	Valor std kg/cm ² (PSI)	Valor Medido kg/cm ² (PSI)	
Transmisión	Presión de alivio de transmisión P6	Transmisión N Max RPM del motor	28.0-32.0	33(490)	OK
	Presión de aceite de lubricación P9	Transmisión N Max RPM del motor	1.0-3.0	2(29.4)	OK
	Presión de modulación P1	Transmisión N Max RPM del motor	34.5-37.5	36(530)	OK
	Presión de aceite de válvula reductora P3	Transmisión N Max RPM del motor	19.0-21.0	19(270)	OK

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Evaluación de transmisión regulada.

convertidor	Presión de alivio del convertidor P8	Transmisión N Max RPM del motor	7.0-9.0	7.4(110)	OK
	Presión de entrada del convertidor 1	Transmisión N Max RPM del motor	6.0-9.0	6.1(90)	OK
	presión de salida del convertidor 2	Transmisión N Max RPM del motor	3.5-4.5	4.08(60)	OK
	Presión de aceite de la válvula lock-up	Transmisión N Max RPM del motor	18.0-20.0	20.4(300)	OK

Fuente: Elaboración propia.

8. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda el reemplazo de la válvula reguladora del convertidor de par por encontrarse en mal estado.
- Luego del reemplazo de la válvula se recomienda verificar presiones del sistema de transmisión y convertidor para asegurar su buen funcionamiento.

9. FOTOS

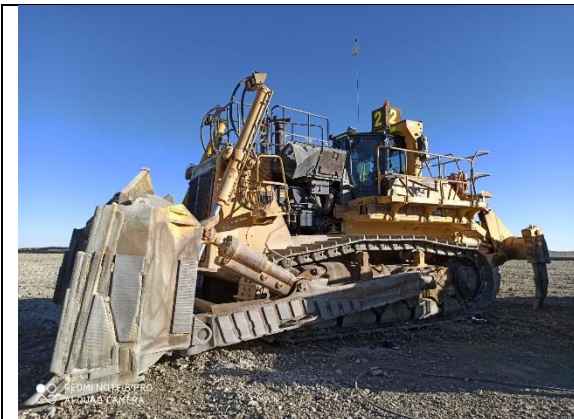


Figura 34. Foto LH del equipo.



Figura 35. Foto RH de Equipo.



Figura 36. Horómetro



Figura 37. Placa del equipo.



Figura 38. Filtro strainer limpio.



Figura 39. Presión de alivio del convertidor



Figura 40. Presión de salida TC.



Figura 41. Presión de entrada TC.



Figura 42. Temperatura del convertidor



Figura 43. Temperatura salida TC.



Figura 44. Mal montaje de Válvula.



Figura 45. Desgaste en Base de válvula.



Figura 46. Mala instalación de válvula TC.



Figura 47. Posición adecuada de la válvula.



Figura 48. Presión de alivio TX.



Figura 49. Presión de modulación OK.



Figura 50. Presión de aceite de válvula reductora ok.



Figura 51. Presión de alivio del convertidor Mejorada.

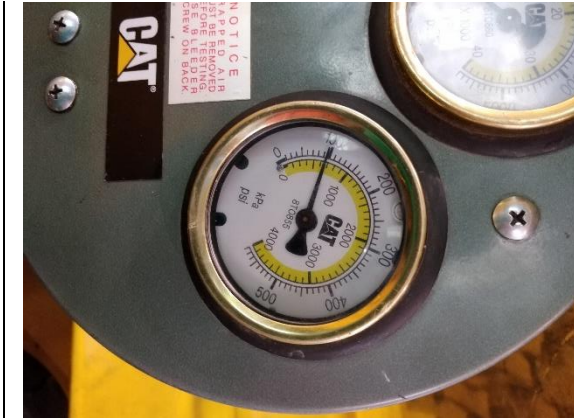


Figura 52. Presión de entrada del convertidor mejorada.

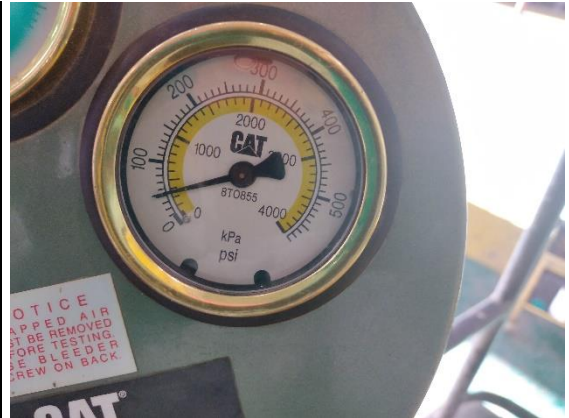


Figura 53. Presión de salida del convertidor mejorada.

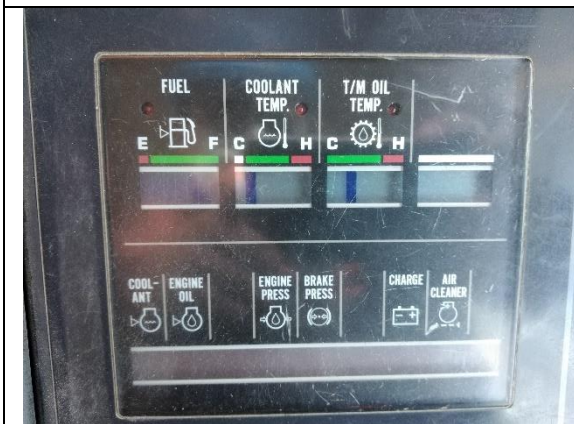


Figura 54. Indicador de temperatura operativo.

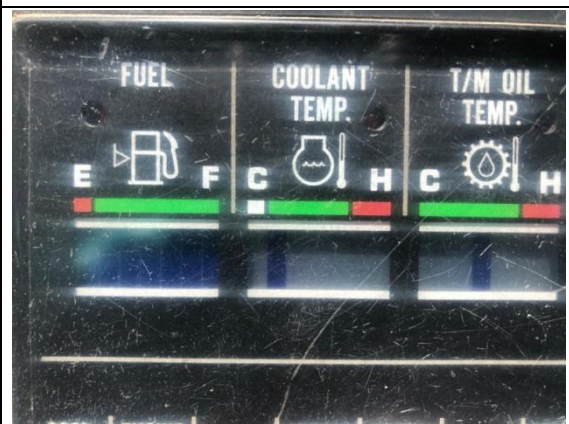


Figura 55. Calado de transmisión.

Figuras, 35 al 56 de elaboración propia.

VÁLVULA REGULADORA DEL CONVERTIDOR INSTALADA EN SENTIDO CONTRARIO

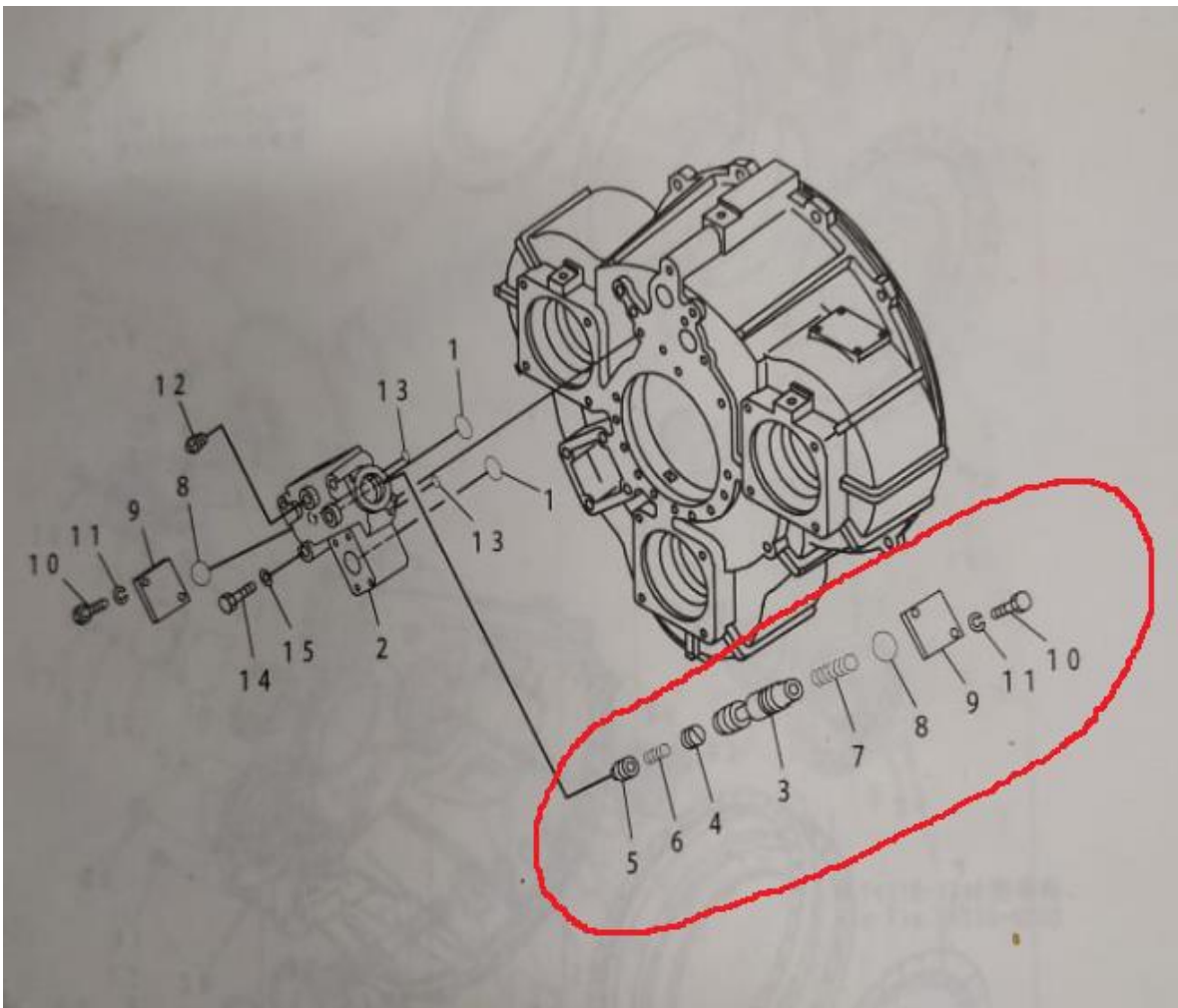


Figura 56. Despiece de válvula.

Fuente: Elaboración Propia.

PEDIDO DE REPUESTOS

Tabla 18, Listado de repuestos a pedir.

ITEM	Descripción	N parte	Cant	Referencia
1	Valve Assy	711-73-16600	1	Válvula de convertidor
2	Bolt	01010-81085	3	Válvula de convertidor
3	Washer	01643-31032	3	Válvula de convertidor
4	Oring	07000-72014	2	Válvula de convertidor
5	Oring	07000-73035	2	Válvula de convertidor
6	Oring	07000-53038	2	Válvula de convertidor

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4. RESUMEN DE SERVICIOS REALIZADOS PARA TALLER APLICANDO LOS FORMATOS ADECUADOS

Tabla 19. Horas de servicios realizados aplicando formatos

AÑO	2019	Resumen de pm's, mantenimientos mayores y reparaciones programadas Mantto. Mina - 2019
-----	------	---

Equipo	Fecha tentativa inicio	Duración del trabajo (horas)	Descripción del trabajo
D475a-1:	12-ene-19	19.0 h	Mantenimiento programado 2000 hrs
D475a-1:	29-ene-19	21.0 h	Mantenimiento programado 250 hrs + calibración de válvulas de motor
D475a-1:	14-feb-19	17.0 h	Mantenimiento programado 500 hrs
D475a-1:	03-mar-19	15.0 h	Mantenimiento programado 750 hrs
D475a-1:	20-mar-19	25.0 h	Mantenimiento programado 1000 hrs + cambio de cadenas
D475a-1:	05-abr-19	15.0 h	Mantenimiento programado 1250 hrs
D475a-1:	22-abr-19	32.0 h	Mantenimiento programado 1500 hrs + reemplazo de turbos
D475a-1:	09-may-19	15.0 h	Mantenimiento programado 1750 hrs
D475a-1:	25-may-19	12.0 h	Mantenimiento programado 2000 hrs + sistema eléctrico
D475a-1:	11-jun-19	15.0 h	Mantenimiento programado 250 hrs
D475a-1:	26-jun-19	13.0 h	Mantenimiento programado 500 hrs + evaluación por temperaturas elevadas
D475a-1:	14-jul-19	15.0 h	Mantenimiento programado 750 hrs
D475a-1:	31-jul-19	19.0 h	Mantenimiento programado 1000 hrs
D475a-1:	17-ago-19	15.0 h	Mantenimiento programado 1250 hrs
D475a-1:	02-sep-19	35.0 h	Mantenimiento programado 1500 hrs + cambio de cadenas
D475a-1:	19-sep-19	15.0 h	Mantenimiento programado 1750 hrs
D475a-1:	06-oct-19	19.0 h	Mantenimiento programado 2000 hrs
D475a-1:	22-oct-19	35.0 h	Mantenimiento programado 250 hrs + evaluación por neutralización.
D475a-1:	08-nov-19	17.0 h	Mantenimiento programado 500 hrs
D475a-1:	25-nov-19	28.0 h	Mantenimiento programado 750 hrs + evaluación general
D475a-1:	11-dic-19	19.0 h	Mantenimiento programado 1000 hrs

D475a-1:	28-dic-19	15.0 h	Mantenimiento programado 1250 hrs
D475a-2:	06-ene-19	60.0 h	Mantenimiento programado 1750 hrs reemplazo de tren de carrilería
D475a-2:	20-ene-19	19.0 h	Mantenimiento programado 2000 hrs
D475a-2:	04-feb-19	15.0 h	Mantenimiento programado 250 hrs
D475a-2:	19-feb-19	17.0 h	Mantenimiento programado 500 hrs
D475a-2:	05-mar-19	1080.0 h	Reparación mayor de componentes + cadenas
D475a-2:	18-may-19	15.0 h	Mantenimiento programado 250 hrs
D475a-2:	02-jun-19	17.0 h	Mantenimiento programado 500 hrs
D475a-2:	16-jun-19	15.0 h	Mantenimiento programado 750 hrs
D475a-2:	01-jul-19	26.0 h	Mantenimiento programado 1000 hrs + cuchillas
D475a-2:	16-jul-19	15.0 h	Mantenimiento programado 1250 hrs
D475a-2:	30-jul-19	17.0 h	Mantenimiento programado 1500 hrs
D475a-2:	14-ago-19	19.0 h	Mantenimiento programado 1750 hrs + reemplazo de aftercooler
D475a-2:	29-ago-19	19.0 h	Mantenimiento programado 2000 hrs
D475a-2:	13-sep-19	15.0 h	Mantenimiento programado 250 hrs
D475a-2:	27-sep-19	17.0 h	Mantenimiento programado 500 hrs
D475a-2:	12-oct-19	15.0 h	Mantenimiento programado 750 hrs
D475a-2:	27-oct-19	26.0 h	Mantenimiento programado 1000 hrs + cambio de cadenas
D475a-2:	10-nov-19	15.0 h	Mantenimiento programado 1250 hrs
D475a-2:	25-nov-19	17.0 h	Mantenimiento programado 1500 hrs
D475a-2:	10-dic-19	15.0 h	Mantenimiento programado 1750 hrs
D475a-2:	24-dic-19	12.0 h	Mantenimiento programado 2000 hrs + evaluación del sistema hidráulico

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.5. DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS PARA EL PERIODO DEL 2019

Tabla 20. Disponibilidad de equipos para periodo 2019.

TipoEquipo	Ene	Feb	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Mina Disp.
D475A X-1	89.5	90.3	89.7	80.4	88.8	89.6	89.7	86.2	85.8	93.3	84.6	88.01
	8%	2%	5%	1%	4%	3%	7%	2%	4%	1%	8%	%
D475A X-2	92.0	88.9	86.1	93.6	89.9	89.9	96.5	92.7	78.6	95.2	86.5	89.71
	5%	1%	5%	4%	7%	0%	2%	3%	5%	9%	6%	%

Fuente: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES

1. El proyecto de investigación concluye siendo implementado en el taller de tractores de la unidad operativa de Toquepala. Cumple con los propósitos para poder optimizar los tiempos después de una reparación general, además se analiza las fallas más comunes de maquinaria pesada para lograr dar respuestas inmediatas y garantizar la disponibilidad de los equipos.
2. Al implementar formatos de inspección permite tener más visión de los problemas que puedan estar ocurriendo en el equipo, se reconoce por qué fallan los equipos después de una reparación general.
3. Los formatos de evaluación para presiones brindan un panorama más claro del estado de los componentes, así mismo se puede detectar fallas interpretando buenas lecturas de los parámetros medidos.
4. Los procedimientos de trabajo son herramientas que facilitan el proceso de realización de cualquier actividad. Estos están diseñados e implementados con la finalidad de hacer más fácil el proceso de reparación de equipos y reducir los tiempos en los procesos.

RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

1. En la presente investigación realizada encontraremos muchos elementos que nos ayudaran a la solución de problemas con respecto a mantenimiento de maquinaria pesada por tal motivo recomendamos lo siguiente:
2. Analizar las fallas más comunes en maquinaria pesada. En el documento encontramos las causas que ocasionaron el deterioro de los componentes.
3. Utilización de los formatos implementados. Estos documentos facilitaran los procedimientos de trabajo seguro y ayudaran en el análisis para la solución de problemas.
4. Como trabajo futuro y siguiendo con las mejoras en el área de mantenimiento mina, implementaremos un formato que nos ayude a analizar los tiempos de duración de componentes menores. El documento ayudara a realizar las programaciones de mantenimientos preventivos, realizando el reemplazo de componentes en horas determinadas y evitando que estos lleguen a ocasionar fallas catastróficas en componentes mayores y sistemas relacionados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANA, L. *Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para el cargador frontal New Holland en la municipalidad de Huancán*. 2016. [en línea]. Huancayo, Perú: Universidad Nacional Del Centro Del Perú. [16 de noviembre del 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/uncp/1642>.

ARIAS, F. *Introducción a la metodología científica*. 6,^o ed. Caracas: Episteme, C:A, 2012. Pag.26.. ISBN:9800785299.

CALLEJA, D. *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. 2,^o ed. Madrid: Carmen Lara Carmona. 2015. 2pp. ISBN: 9780428335546.

CHUMBE, M. *Diagnóstico y corrección electrónico de fallas en los sistemas hidráulico, eléctrico y motor del dumper*. 2009. [en línea]. Huancayo, Peru: universidad nacional del centro del Peru. [28 de noviembre del 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/uncp/2234>.

CHURIO, O. Modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (rcm) en la flota de equipos de oruga D11N de la empresa minera drummond ltd. 2011. Pag.160. [11 de mayo del 2019]. Disponible en: <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/37752/1/137854.pdf>.

COELLO, S. *guía para selección de turbocargadores en motores otto y diesel de vehiculos livianos*. 2015. Pag.2. [11de junio 2019]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4863>.

DALLEY, S. *Bomba hidráulica*. 2012. [16 de agosto 2019]. Disponible en: <http://fluidos.eia.edu.co/>.

EDER. G, J. BECERRA , MORENO. L.. *Controladores para motores disel con incertidumbres parametricas*. Cancún, Quintana roo, México, Mexico: memorias del xvi congreso latinoamericano. 2014. [octubre 2019]. Disponible en: <http://amca.mx/memorias/amca2014/media/files/0034.pdf>.

EDICIONES, A. *Mantenimiento mecánico y preventivo del vehículo*. España. Ed.2010. ISBN: 8496881997, 9788496881990.

JOSE. D, J. FERRER,. *Sistemas de transmisión y frenado*. (Editex). 2018. ISBN: 8491614214, 9788491614210.

FLORES, G. *Sistemas de transmisión mecánica* 2012: resumen [en línea]. Ciudad de la Paz: Universidad Mayor De San Andrés. [13 de noviembre del 2019]. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/15454>.

GARCIA, E. *Gestión del mantenimiento para la operatividad de la maquinaria de movimientos de tierras ICCGSA en la vía Huancayo-Ayacucho* 2017: [En Línea]. Huancayo, Peru S.N. Universidad Nacional Del Centro Del Peru. [10 de setiembre del 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1648>.

GUEVARA, V. T, FARRO. *Propuesta de un plan de mantenimiento total para la maquinaria pesada en la empresa Ángeles – Proyecto minero La Granja*, 2015. [En Línea]. Chiclayo, Peru : S.N. Universidad Cesar Vallejo. [12 de setiembre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10087>.

GUSTAVO,T. *Análisis de falla de componentes de ingeniería* 2014. Revista de Ingeniería.(n.9), 75-81. ISSN 20110049. Disponible en: <https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/601>.

HORIZONTE MINERO. *Fuente de información y análisis del acontecer Minero-Energetico*. 04 de agosto del 2017. (Maquinaria Pesada).

INGA, J. *Análisis modal de fallos y efectos, para disminuir ratios de carrilería en los tractores cat d6t en iccgsa* 2013. [en línea]. Huancayo, Peru. Universidad Nacional Del Centro Del Peru. [9 de diciembre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/uncp/3622>.

MANUAL KOMATSU. *O&M D475- 5E0 30071- up gsn. 00282-05. 2012*

MANUAL KOMATSU. *SM D475-5EO 30001-up sen. 00203-16. 2013.*

LOACHAMIN G. *Diseño y construcción de un banco de pruebas para verificar el funcionamiento del turbo del motor a gasolina del mitsubishi galant para la carrera de ingeniería automotriz* 2016. [en línea]. Quito, Ecuador. Universidad Tecnológica Equinoccial [12 de diciembre del 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/14034>.

MIGUEL, N. C, CARREÑO. VILLAFANE M. *Analisis de falla de una cabeza de bomba de combustible, agrietada internamente* 2010. [en línea]. Viña Del Mar Chile. Centro de Investigacion en Mteriales Avanzados. [12 de diciembre del 2019]. Disponible en: https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1452/1/t2_neri-ma_n1_completo%20cabeza%20iberomet%202010%20articulo.pdf.

Fuente: SANTANDER, J. *Guía práctica para la inspección y solución de fallas*. 2^o ed. diésel Editores, 2010. 552 p. martinez, V. H. (2015). Disponible en: [noesis. uis.edu.co](http://noesis.uis.edu.co).

MINERA CHILENA. *Mantenimiento en minería: Con miras a un mayor rendimiento*. Edicion 434. 15 de agosto del 2017.

MOREIRA, I. *Sistemas hidráulicos industriais*. Senai-sp editora 2015. ISBN: 866541809X, 9788565418096.

PALELLA, S. F, MARTINS. *Metodologia de la investigacion cuantitativa*. 1,^o reimpresion. Caracas, Venezuela 2012. ISBN: 9802734454.

PARUELO, J. *La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos*. Norteamerica 17 de setiembre del 2008 (revista ecosistemas).

LEGAZ, B. *Estudio de la viscosidad y densidad de diferentes aceites para su uso como biocombustible*. 2010. [en línea]. Barcelona, España. Universidad Politécnica de Catalunya [16 de diciembre del 2019]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099.1/9403>.

TOLOSA, G, J, ALBERTO. *Introducción al análisis de la marcha*. 1^o ed. Editorial universal del rosario 2013. DOI: 10.2307/J.CTVM203Z2.5. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/j.ctvm203z2>.

VELASQUEZ, E. *Sistemas de Inyección a Diesel*. Obtenido de BOSCH 2012. Disponible en Mendeley.