



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO FASE II

INGENIERO EN DETECCIÓN DE ERRORES Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO PESADO:

CEMCOL

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

11241023

FRANCISCO JAVIER DÍAZ TÁBORA

ASESOR: ING. RIGOBERTO CASTRO CASTRO

CAMPUS TEGUCIGALPA; JULIO 2019

RESUMEN EJECUTIVO

El mantenimiento industrial es una rama muy importante de la ingeniería, aportando seguimiento y comportamientos de todo producto o elemento hecho previamente por procesos de manufactura. La principal función del mantenimiento industrial es darle vida útil a todo producto mecánico o eléctrico para aprovechar al máximo su coste de producción y operación. Como estudiante de ingeniería en mecatrónica se aplicaron los conocimientos teóricos de mecánica industrial, adquiridos durante los años de estudio, en un taller de servicios técnicos. El taller de servicios técnicos le pertenece a CEMCOL, empresa dedicada a la venta y renta de equipos pesados como Caterpillar, International y New Holland. Teniendo venta y renta de equipos pesados, la empresa ofrece garantías de servicio técnico a sus ventas para reparación y mantenimiento. Como practicante de ingeniería en mecatrónica, se trabajó en el taller de servicios técnicos brindando apoyo al personal de taller como ingeniero en detección de errores y mantenimiento de equipo pesado.

En este documento se detalla el trabajo realizado durante ocho semanas como ingeniero en detección de errores y mantenimiento de equipo pesado en CEMCOL. Se brinda información e imágenes sobre cómo se repararon y se les dio mantenimiento a diferentes elementos de un equipo pesado, siendo: reparación de motores de combustión interna, reparación de sistemas de transmisión de potencia, reparación de bombas hidráulicas de aceite hidráulico, reparación de sistemas hidráulicos dentro de un equipo y sus respectivos mantenimientos.

A partir de objetivos planteados, se determinaron conclusiones con base en el trabajo realizado y se le brinda a CEMCOL una serie de recomendaciones hacia el taller de servicios técnicos desde la perspectiva de un practicante en ingeniería en mecatrónica.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. Introducción	1
CAPÍTULO II. Generalidades de la Empresa	3
2.1 Descripción de la Empresa	3
2.2 Descripción del Departamento	3
2.3 Objetivo del Puesto	4
2.3.1 Objetivo General.....	4
2.3.2 Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO III. Marco Teórico.....	5
3.1 Mantenimiento Industrial	5
3.1.1 Tipos de Mantenimiento Industrial.....	6
3.1.2 Procesos Principales en el Mantenimiento Industrial.....	7
3.1.3 Seguridad Industrial	9
3.2 Tractores y Sistemas de Potencia Caterpillar.....	11
3.2.1 Tipos de Tractores Caterpillar en Honduras	11
3.2.2 Tipos de Sistemas de Potencia Caterpillar	15
3.3 Motores de Combustión Interna Diesel, Transmisiones y Bombas Hidráulicas Acopladas a Motores Diesel	16
3.3.1 Motores Diésel y su Funcionamiento	16
3.3.2 Transmisiones de Motores Diésel de Equipo Pesado.....	22
Capítulo IV. Desarrollo.....	27
4.1 Desacople de Transmisión de un remolcador de madera Skidder 525	27
4.1.1 Descripción del Proyecto	27

4.1.2 Descripción del Trabajo Desarrollado	27
4.2 Reparación de Junta Giratoria Central (Swivel) y de cojinete de giro de Tornamesa de una Excavadora 322 BL.....	38
4.2.1 Descripción de Proyecto	38
4.2.2 Descripción del Trabajo Desarrollado	38
4.3 Reparación de Cilindro Hidráulico de Ruedas Delanteras y Cambio de Placas de Ajuste de Tornamesa de Motoniveladora 140H	51
4.3.1 Descripción del Proyecto	51
4.3.2 Descripción del Trabajo Realizado.....	51
4.4 Desacople y Detección de Errores de Bomba Hidráulica de Pistones de una Excavadora 336D2L.....	62
4.4.1 Descripción del Proyecto	62
4.4.2 Descripción del Trabajo Realizado	62
4.5 Desarmado y Corrección de Errores de Bomba de Engranajes de una Transmisión de un Cargador de Cadena D6r.....	74
4.5.1 Descripción del Proyecto	74
4.5.2 Descripción del Trabajo Realizado	74
4.6 Mantenimiento Preventivo a Motores Diesel de Camiones International, Pistones Hidráulicos, Válvulas Hidráulicas y Sistemas Hidráulicos de Tractores New Holland.....	80
4.6.1 Descripción del Proyecto	80
4.6.2 Descripción de los Trabajos Realizados.....	80
4.7 Cronograma de Actividades	93
Capítulo V. Conclusiones.....	95
Capítulo VI. Recomendaciones.....	96
Bibliografía	Error! Bookmark not defined.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Logo de empresa CEMCOL.....	3
Ilustración 2: Señalización industrial.....	10
Ilustración 3: Excavadora 336d con 207 hp de potencia	12
Ilustración 4: Cargador de cadena D6r XL con 350 hp de potencia.....	12
Ilustración 5: Cargador de ruedas 966M con 312 hp de potencia.....	13
Ilustración 6: Skidder 525 con 130 hp de potencia.....	13
Ilustración 7: Compactador de asfalto de 130 hp de potencia.....	14
Ilustración 8: Motoniveladora 140H con 250 hp de potencia.....	14
Ilustración 9: Generador eléctrico C9-272.....	15
Ilustración 10: Generador eléctrico 3512.....	16
Ilustración 11: Diagrama de partes del EDC (sistema electrónico de control)	18
Ilustración 12: Partes de un sistema common rail.....	19
Ilustración 13: Corte de un inyector.....	21
Ilustración 14: Distribución de un motor diésel	22
Ilustración 15: Cadena cinemática 6x4.....	23
Ilustración 16: Funcionamiento del engrane epicicloidal	24
Ilustración 17: Servotransmisión de contraeje.....	25
Ilustración 18: Esquema de posición de la bomba hidráulica	26
Ilustración 19: Bomba hidráulica suministradora de aceite	26
Ilustración 20: Desacople de cabina del Skidder 525	28
Ilustración 21: Desacople de cabina del Skidder 525	28
Ilustración 22: Vaciado de aceite de caja de transmisión.....	29
Ilustración 23: Desacople de líneas hidráulicas de caja de transmisión	30
Ilustración 24: Desacople de líneas hidráulicas de caja de transmisión	30
Ilustración 25: Desacople de líneas hidráulicas de caja de transmisión.....	31
Ilustración 26: Desacople de transmisión del chasis del Skidder 525.....	32
Ilustración 27: Desacople de transmisión del chasis del Skidder 525.....	32

Ilustración 28: Skidder 525 con transmisión desacoplada	33
Ilustración 29: Proceso de desarmado de transmisión.....	34
Ilustración 30: Proceso de desarmado de transmisión.....	34
Ilustración 31: Proceso de desarmado de transmisión.....	35
Ilustración 32: Ejes y embragues separados de la transmisión.....	35
Ilustración 33: eje central con embragues listo para ser inspeccionado.....	36
Ilustración 34: Eje central desarticulado con cámara de embragues dañada.....	37
Ilustración 35: Excavadora embancada para desacople de orugas con resto del chasis	39
Ilustración 36: Excavadora embancada para desacople de orugas con resto del chasis	39
Ilustración 37: Extracción de pernos para desacople de tornamesa con estructura de orugas.....	40
Ilustración 38: Desacople del chasis con estructura de orugas	41
Ilustración 39: Desacople del chasis con estructura de orugas	41
Ilustración 40: Giro de cojinete de tornamesa.....	42
Ilustración 41: Desacople de junta giratoria central dentro del chasis de la excavadora	43
Ilustración 42: parte inferior del desacople de la junta giratoria central	44
Ilustración 43: Junta giratoria central	45
Ilustración 44: Desarmado de junta giratoria central	45
Ilustración 45: Desarmado total de junta giratoria central.....	46
Ilustración 46: Colocación de grasa de cojinete bolas Caterpillar en el giro de tornamesa	47
Ilustración 47: Acople de junta giratoria central al circuito hidráulico del chasis de la excavadora	47
Ilustración 48: Acople de chasis con cuerpo de orugas con sus respectivos pernos.....	48
Ilustración 49: Acople de chasis con cuerpo de orugas con sus respectivos pernos.....	48
Ilustración 50: Torquímetro especial para 660 libras de torque a pernos de acople.....	49
Ilustración 51: Todos los pernos acoplados con 660 libras de torque	50
Ilustración 52: Acople de mangueras hidráulicas de orugas a la parte inferior de la junta giratoria central.....	50
Ilustración 53: Motoniveladora con cilindros de oxígeno y nitrógeno para aplicación de calor al cilindro oxidado.....	52

Ilustración 54: Fuga de aceite hidráulico en cilindro inferior para dirección de llanta derecha.....	52
Ilustración 55: Fuga de aceite hidráulico en cilindro inferior para dirección de llanta derecha.....	53
Ilustración 56: Desacople de guarda protectora de líneas hidráulicas.....	53
Ilustración 57: Desacople de guarda protectora de líneas hidráulicas.....	54
Ilustración 58: Inicio de desacople de líneas hidráulicas del cilindro dañado.....	54
Ilustración 59: Desacople de líneas hidráulicas directas al cilindro.....	55
Ilustración 60: Desarmado de cilindro hidráulico dañado.....	56
Ilustración 61: Desarmado de cilindro hidráulico dañado.....	56
Ilustración 62: Desarmado de cilindro hidráulico dañado.....	57
Ilustración 63: Tornamesa giratoria con su hoja vertedera.....	58
Ilustración 64: Parte inferior de tornamesa de motoniveladora 140H.....	59
Ilustración 65: Parte inferior de tornamesa de motoniveladora 140H.....	59
Ilustración 66: Placas de ajuste en mala condición por exceso de uso.....	60
Ilustración 67: Motoniveladora 140H con operación normal luego de reparaciones.....	61
Ilustración 68: Lavado y posicionamiento de excavadora.....	62
Ilustración 69: Bomba hidráulica de pistones.....	63
Ilustración 70: Desacople de líneas hidráulicas de bomba de pistones.....	63
Ilustración 71: Desacople de líneas hidráulicas de bomba de pistones.....	64
Ilustración 72: Bomba hidráulica sujeta con eslinga para elevación junto a teclé eléctrico.....	65
Ilustración 73: Desacople de bomba hidráulica de pistones.....	65
Ilustración 74: Desacople de bomba hidráulica de pistones.....	66
Ilustración 75: Bomba puesta en mesa de desarmado.....	67
Ilustración 76: Desarmado de bomba hidráulica de pistones.....	67
Ilustración 77: Desarmado de bomba hidráulica de pistones.....	68
Ilustración 78: Desarmado de bomba hidráulica de pistones.....	68
Ilustración 79: Tambores giratorios con pistones de presión.....	69
Ilustración 80: Actuadores responsables de la inclinación de los tambores de pistones.....	70
Ilustración 81: Superficie de inclinación de los tambores.....	70
Ilustración 82: Elementos internos de la bomba hidráulica de pistones.....	71

Ilustración 83: Platos de inclinación para tambores y eje giratorio de tambor	71
Ilustración 84: Fractura de cámara de pistón en tambor giratorio	72
Ilustración 85: Residuos de metal por parte de cámara de pistón fracturada	73
Ilustración 86: Desacople de pernos de bomba con pistola neumática	74
Ilustración 87: Bomba de engranes de cargador de cadena D6r	75
Ilustración 88: Bomba lista para ser desarmada.....	75
Ilustración 89: Proceso de desarmado de bomba de engranes	76
Ilustración 90: Proceso de desarmado de bomba de engranes	76
Ilustración 91: Desarmado total de bomba de engranes	77
Ilustración 92: Cambio de bujes de aluminio de los ejes de engranes.....	78
Ilustración 93: Bomba lista para ser entregada	79
Ilustración 94: Bomba lista para ser entregada	79
Ilustración 95: Motor de camión Internacional DT466.....	80
Ilustración 96: Cambio de aceite Mobil 15W-40.....	81
Ilustración 97: Cambio de filtro de diesel.....	81
Ilustración 98: Cambio de filtro de diesel.....	82
Ilustración 99: Cambio de filtros de inyección de aire.....	82
Ilustración 100: Filtros desechos de inyección de aire	83
Ilustración 101: Cambio de filtro separador de diesel y agua en el sistema.....	83
Ilustración 102: Filtro de aceite desechado	84
Ilustración 103: Desacople de inyectores de culata de motor DT466.....	84
Ilustración 104: Cambio de sellos de inyectores.....	85
Ilustración 105: Colocación de inyectores luego de reparación.....	85
Ilustración 106: Válvula distribuidora de aceite hidráulico para caja de transmisión de un tractor New Holland.....	86
Ilustración 107: Desarmado de Válvula Hidráulica	87
Ilustración 108: Vaciado de aceite hidráulico para limpieza.....	87
Ilustración 109: Volqueta con su cilindro hidráulico desplazado.....	88
Ilustración 110: Desacople de cilindro hidráulico con eslinga de elevación de la volqueta	89

Ilustración 111: Posicionamiento para desarmado de cilindro hidráulico con tecla eléctrica y cadenas	89
Ilustración 112: Desarmado de cilindro hidráulico de volqueta.....	90
Ilustración 113: Desarmado y quitado de sellos de cilindro hidráulico de volqueta.....	90
Ilustración 114: Desarmado total de cilindro hidráulico de volqueta.....	91
Ilustración 115: Desmontaje y reparación de cilindro hidráulico.....	92
Ilustración 116: Desmontaje y reparación de cilindro hidráulico.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de actividades con orden numérico.....	93
Tabla 2. Diagrama de Gantt de actividades realizadas durante práctica profesional.....	94

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Los talleres industriales de equipo pesado se enfocan en la detección de errores, mantenimiento, reparación de equipo, limpieza del equipo y/o restructuración del equipo total cuando hay daños muy grandes en el equipo pesado. Éste enfoque es aplicado en el taller industrial de CEMCOL, donde se atienden problemas mecánicos tanto como eléctricos de diferentes clases tractores y camiones con motores de combustión diésel de clientes que adquieren el equipo pesado por medio de CEMCOL u otros clientes particulares que desean reparar su equipo en CEMCOL. El taller se divide en diversas partes, cada una con su tarea en específico, para la supervisión y control de todo el proceso de reparación y/o mantenimiento adecuado del equipo.

El área de trabajo del ingeniero a cargo de detección de errores y mantenimiento del equipo que ingresa al taller se divide en tres partes distintas según la marca del equipo pesado a revisar. Las marcas del equipo que CEMCOL distribuye y da mantenimiento son Caterpillar, International y New Holland. Las tres partes distintas que el ingeniero desarrolla en cada una de las marcas de la empresa son verificación de errores por medio de instrumentos especiales que detectan errores de funcionamiento en el equipo, mantenimiento de equipo con cambios de accesorios o dispositivos que un motor dinámico necesita para su vida útil y reparación con herramientas específicas, según la parte del equipo dañado, al daño que el equipo pueda presentar.

Para la verificación de daños del equipo y la reparación es necesario conocimientos de mecánica industrial, tema dentro de la carrera de ingeniería en mecatrónica, donde se tocan temas de comportamientos de motores de combustión interna, comportamiento de motores eléctricos, comportamiento de sistemas electrónicos, funcionamientos de diferentes sistemas hidráulicos y neumático.

El puesto que se desempeña en el taller de CEMCOL como practicante de ingeniería en mecatrónica, es precisamente brindar apoyo al personal técnico del conocimiento mecánico a la maquinaria a la cual CEMCOL le provee servicios técnicos en reparación y mantenimiento. El apoyo brindado es físico, donde el practicante arma y/o desarma sistemas mecánicos.

El presente documento se divide en 6 capítulos, siendo el primero de introducción. El segundo capítulo muestra las generalidades de la empresa, qué hace y cómo ésta funciona. En el tercer capítulo se observa el marco teórico demostrando, con fundamento bibliográfico, funcionamientos de equipos de un taller industrial, motores diesel y transmisiones de potencia de motores de combustión. El cuarto capítulo detalla los proyectos y actividades realizadas dentro del taller de servicios técnicos de CEMCOL. En el quinto capítulo se muestran las conclusiones del trabajo realizado basado en los objetivos planteados como estudiante en práctica profesional. Por último, el sexto capítulo muestran las recomendaciones basadas en experiencia laboral dentro de CEMCOL.

CAPÍTULO II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

CEMCOL es una empresa distribuidora de marcas de equipo pesado donde se brindan todas las necesidades que el equipo pueda adquirir. La marca que más los representa como redistribuidores y reparadores es Caterpillar, una empresa manufacturera líder en producción de tractores de trabajo pesado. Las demás marcas de equipo se distribuyen en: International, New Holland Agriculture, Mobil, Michelin y STIHL. La empresa busca brindar soluciones oportunas en la venta de equipos, repuestos, renta y servicios técnicos, basados en la comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas, cumpliendo muchos objetivos de calidad, buscando el mejoramiento de los procesos y capacitando continuamente a todos los colaboradores y trabajadores de la empresa.



Ilustración 1: Logo de empresa CEMCOL

Fuente: (CEMCOL, 2020)

2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO

El departamento asignado dentro de la empresa es dentro del taller industrial, donde se hacen todos los servicios técnicos de los productos y equipos que CEMCOL vende y renta. El departamento del taller se divide con tres jefes, dos ingenieros mecánicos y un ingeniero eléctrico. Éstos tres ingenieros proporcionan órdenes a cada área en específico dentro del taller, con sus respectivos ingenieros y técnicos, para brindar los servicios de detección de errores, mantenimiento y reparación de daños causados al equipo. El taller consta con laboratorio para tratamiento de culatas y turbos de inyección, área de desarmado y armado de máquinas en general, área desarmado y armado de motores, área de desarmado y armado transmisiones y

bombas hidráulicas, mantenimiento de camiones International, mantenimiento de tractores New Holland y área de CEMCOL rental donde se rentan equipos para proyectos de construcción.

2.3 OBJETIVO DEL PUESTO

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

Conocer las diferentes clases de equipos que CEMCOL contiene en su taller e implementar conocimientos técnicos para detección de fallas, mantenimiento y reparación de los equipos.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Comprender diferentes tipos de errores y fallas en motores de combustión interna.
2. Analizar y comprender diferentes tipos de transmisiones de tractores Caterpillar.
3. Comprender el funcionamiento de bombas hidráulicas dentro de los tractores Caterpillar y camiones International.
4. Aplicar conocimientos de mecánica industrial y mecatrónica para dar servicio técnico a la reparación de daño dentro de motores, transmisiones y bombas hidráulicas.

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

3.1 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El mantenimiento industrial es un campo de la ingeniería de gran interés y con una amplia repercusión económica, tal y como justifica el hecho de que en las sociedades industriales los costes del mantenimiento constituyen un gran porcentaje apreciable de su producto interior bruto. En algunos sectores, el mantenimiento resulta esencial para el desarrollo de su propia sobre la que se aplica, mientras que en otros la existencia de un mantenimiento eficaz constituye uno de los elementos más importantes para la consecución de la competitividad en el marco económico global (Fernandez, 2005).

Los objetivos y tendencias en la historia en la gestión del mantenimiento industrial se dividen en:

- Primera generación: mantenimiento correctivo.
- Segunda generación: mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo fijo, informatización, sistemas de planificación y control.
- Tercera generación: mantenimiento preventivo y monitorización, diseño para la fiabilidad y mantenibilidad, análisis de métodos de fallos y sus defectos, análisis de costes de ciclos, dirección de calidad total, contratación externa, sistemas expertos y certificaciones de calidad.
- Cuarta generación: gestión integrada del mantenimiento basada en nuevos conceptos y en nuevas nanotecnologías eficientes, gestión orientada a resultados y a clientes, contratación del comportamiento de riesgos y resultados, motivación e implicación en resultados, certificación integrada de actividades ISO-9000/ISO-14000 y de competencia de trabajadores, "benchmarking" a todos los niveles de participación e información, análisis de riesgos y elaboración de nuevas consistencias M.O.C., reingeniería permanente para la mejora de disponibilidad, fiabilidad, costes y observancia normativa (Fernandez, 2005).

La finalidad del mantenimiento es mantener operable el equipo e instalación y restablecer el equipo a las condiciones de funcionamiento predeterminado; con eficiencia y eficacia para obtener la máxima productividad.

“El mantenimiento incide, por lo tanto, en la calidad y cantidad de la producción.”

En consecuencia la finalidad del mantenimiento es brindar la máxima capacidad de producción a la planta, aplicando técnicas que brindan un control eficiente del equipo e instalaciones (Chusin, 2008).

3.1.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

- **Correctivo:** Comprende el mantenimiento que se lleva con el fin de corregir los defectos que se han presentado en el equipo. Se clasifica en: No planificado: Es el mantenimiento de emergencia. Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, etc.). Planificado: Se sabe con antelación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente.
- **Predictivo:** Este mantenimiento está basado en la inspección para determinar el estado y operatividad de los equipos, mediante el conocimiento de valores de variables que ayudan a descubrir el estado de operatividad; esto se realiza en intervalos regulares para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas. Para este mantenimiento es necesario identificar las variables físicas (temperatura, presión, vibración, etc.)
- **Preventivo:** Es el mantenimiento que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas, y mantener en un nivel determinado a los equipos, se conoce como mantenimiento preventivo directo o periódico, por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo; se basa en la confiabilidad de los equipos.

- **Modelo Correctivo:** Es un modelo en donde se realiza la reparación de averías y además se incluye una inspección visual y lubricación.
- **Modelo Condicional:** Modelo de mantenimiento en donde además de las actividades anteriores incluye una serie de pruebas y ensayos que condicionan la actuación a futuro del equipo. Es aplicado a equipos cuya probabilidad de falla es baja.
- **Modelo Sistemático:** En este modelo se realizan una serie de tareas sin importar las condiciones del equipo, realizamos una serie de pruebas y ensayos para planificar tareas de mayor importancia, se aplica este modelo a equipos que deben tener tareas constantes de mantenimiento que pueden ser planificadas en el tiempo; sin importar el tiempo que lleve funcionando el equipo.
- **Modelo de Alta Disponibilidad:** Este modelo de mantenimiento incluye el modelo condicional y sistemático, e incluye paradas en periodos largos de tiempo, puede ser anual y en esta parada realizar todas las correcciones, modificaciones, reparaciones que pudieron presentarse a lo largo del periodo operativo (Chusin, 2008).

3.1.2 PROCESOS PRINCIPALES EN EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

La programación se fundamenta en el orden de realización de las actividades de mantenimiento según los modelos planteados y tomando en cuenta la periodicidad; se basa en el orden en que se deben realizar los mantenimientos según su urgencia, disponibilidad del equipo de mantenimiento y del material necesario. La programación del mantenimiento está dada según el equipo y la inspección que se realicen en la industria: esta programación es diaria, semanal, quincenal, mensual, etc.

Se debe tomar en cuenta varios aspectos para una administración efectiva de repuestos y materiales. Repuestos: En los repuestos a ser almacenados hay que considerar la vida útil del repuesto y el alto costo. Materiales: Se considera consumibles y partes de uso general.

Para una gestión efectiva se considera un buen control de inventarios y una actualización continua.

Además del almacenamiento de los mismos que debe ser en un lugar de fácil acceso, con una buena distribución y centralizado con el fin de movilizar en el menor tiempo posible en caso de mantenimientos emergentes; conviene tener en cuenta el beneficio y el valor potencial del repuesto para no asumir riesgos ni un inútil almacenamiento. También se debe tomar en cuenta los presupuestos y las asignaciones requeridas para la obtención y almacenamiento de estos recursos para que el mantenimiento sea efectivo. En este punto se deben calcular, elaborar y controlar los presupuestos.

La información de cada uno de los equipos de la planta debe estar estrictamente detallada; cada uno de los elementos debe tomar en cuenta los aspectos muy importantes.

Los reportes son documentos que informan el desempeño de los equipos o máquinas dentro de la industria y el modelo de mantenimiento que se le aplica, es decir un informe que se presenta periódicamente y según la cronología en que se aplique el mantenimiento a dicho elemento; permite evaluar y analizar las posibles averías, predecir y controlar periódicamente el comportamiento de equipo y maquinaria.

Preparar en mantenimiento es asegurar la calidad de trabajo en el área que se aplica el mantenimiento y por ende incide en la confiabilidad de la industria. La preparación del mantenimiento es un plan en donde se detalla el trabajo a realizar, se verifica órdenes de trabajo, herramientas, búsqueda de información y preparación del recurso humano que intervendrá en el mantenimiento. El supervisor de mantenimiento juega un papel importante ya que el verificara con anticipación todos los recursos para el desempeño efectivo de la aplicación del mantenimiento; el mismo buscará al personal idóneo y calificado para el mantenimiento e incluirá en la preparación. La preparación que se realiza será satisfactoria en la ejecución del mantenimiento; el trabajo en equipo organizado que se llevará acabo son factores motivantes que inciden en la producción (Chusin, 2008).

3.1.3 SEGURIDAD INDUSTRIAL

Para definir las distintas condiciones ambientales que los talleres mecánicos y de motores térmicos deben reunir conforme a lo establecido en las disposiciones legales vigentes, se han tenido en cuenta las actividades que se realizan en las distintas áreas de trabajo del Departamento de Máquinas y Motores Térmicos de la UPV, incluyendo las del Centro de Apoyo Tecnológico de Cheste, sobre la base documental de las actuaciones llevadas a cabo en dicho Departamento por el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la UPV, con el apoyo de las visitas realizadas a las diferentes instalaciones (Roberto Laborda Grima, 2005). A este respecto, se pueden considerar las siguientes actividades laborales:

- **Orden y Limpieza:** el orden y la limpieza deben ser consustanciales con el trabajo. A continuación, se presentan unas directrices específicas para el tipo de local que nos ocupa, en este caso los talleres mecánicos y de motores térmicos: mantener limpio el puesto de trabajo, evitando que se acumule suciedad, polvo o restos metálicos, especialmente en los alrededores de las máquinas con órganos móviles. Asimismo, los suelos deben permanecer limpios y libres de vertidos para evitar resbalones. Recoger, limpiar y guardar en las zonas de almacenamiento las herramientas y útiles de trabajo, una vez que finaliza su uso.
- **Temperatura, humedad y ventilación:** la exposición de los trabajadores a las condiciones ambientales de los talleres mecánicos y de motores térmicos no debe suponer un riesgo para su seguridad y salud, ni debe ser una fuente de incomodidad o molestia, evitando: humedad y temperaturas extremas, cambios bruscos de temperatura, corrientes de aire molestas y olores desagradables. Asimismo, el aislamiento térmico de los locales cerrados debe adecuarse a las condiciones climáticas propias del lugar.
- **Iluminación:** la iluminación de los talleres mecánicos y de motores térmicos debe adaptarse a las características de la actividad que se realiza en ellos, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, teniendo en cuenta: los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores, dependientes de las condiciones de visibilidad. Las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.

- Ruido:** los niveles de ruido en los talleres mecánicos y de motores térmicos deben cumplir protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Los riesgos derivados de la exposición al ruido deben eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos. Tomando como base la evaluación de riesgos, se establecerá y ejecutará un programa de medidas técnicas y de organización que deberán integrarse en la planificación de la actividad preventiva de la empresa, con el fin de reducir la exposición al ruido. Asimismo, los lugares de trabajo en los que se alcancen niveles de ruido que superen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, deberán señalizarse adecuadamente.
- Señalización:** en los lugares de trabajo en general y en los talleres mecánicos y de motores térmicos en particular, la señalización contribuye a indicar aquellos riesgos que por su naturaleza y características no han podido ser eliminados. Considerando los riesgos más frecuentes en estos locales, las señales a tener en cuenta son las siguientes: señales de advertencia de un peligro, señales de prohibición, señales de obligación y señales relativas a los equipos de lucha contra incendios. (Roberto Laborda Grima, 2005)



Ilustración 2: Señalización industrial

Fuente: (Mercanz, 2018)

3.2 TRACTORES Y SISTEMAS DE POTENCIA CATERPILLAR

Caterpillar es un fabricante líder mundial de equipos de construcción y minería, motores diesel y de gas natural, turbinas de gas industriales y locomotoras diesel-eléctricas. Tienden a ser grandes en su respectivo mercado y tienen una de las mayores presencias global en las industrias que sirven. Desde 1925, Caterpillar Inc. ha estado ayudando a muchos usuarios de maquinaria pesada a procesos de construcción grandes, haciendo posible un progreso sostenible e impulsando un cambio positivo en maquinaria en todos los continentes. Los servicios ofrecidos por Caterpillar a lo largo del ciclo de vida del producto, la tecnología de punta y décadas de experiencia en productos distinguen a Caterpillar, han proporcionado un valor excepcional para ayudar a sus usuarios a tener éxito. La compañía opera principalmente a través de tres segmentos principales: industrias de construcción, industrias de recursos y energía y transporte, y proporciona financiamiento y servicios relacionados a través de su segmento de productos financieros (Caterpillar, Caterpillar, 2020).

3.2.1 TIPOS DE TRACTORES CATERPILLAR EN HONDURAS

Un tractor, en el uso más habitual del concepto, alude a un vehículo a motor de mucha potencia que, gracias a la adherencia de sus cadenas o ruedas a la superficie, se emplea para arrastrar o empujar un remolque o un arado. Por este motivo, los tractores suelen utilizarse en las tareas agrícolas y tareas de construcción o minería donde se necesita mucha fuerza (Julián Pérez Porto, 2015). En Honduras, los tractores Caterpillar comúnmente utilizados son:

- **Excavadoras:** Los tipos de trabajo que normalmente realiza se centran en excavación, apertura de zanjas o carga de camiones. Las excavadoras Caterpillar ofrecen un rendimiento óptimo, una gran versatilidad y un gran desempeño de eficiencia del combustible. El funcionamiento simple, la durabilidad y las más recientes características de seguridad y tecnología ayudan a la máquina a ser muy utilizada (Caterpillar, Caterpillar, 2020).



Ilustración 3: Excavadora 336d con 207 hp de potencia

Fuente: (Caterpillar, Caterpillar, 2020)

- **Cargadores de Cadenas (Bulldozer):** es una máquina resistente para desmonte de terrenos, excavaciones, nivelaciones, carga de camiones, trabajos en pendientes y muchas otras tareas en donde se puede emplear. Ésta máquina es exclusiva para los trabajos exigentes, el terreno irregular y los espacios reducidos debido a su gran potencia y enorme cuchilla frontal.



Ilustración 4: Cargador de cadena D6r XL con 350 hp de potencia

Fuente: (Caterpillar, Caterpillar, 2020)

- **Cargadores de Ruedas:** los cargadores de ruedas permiten que los trabajos de manipulación de materiales y de carga sean más seguros, rápidos, precisos y rentables. Los cargadores delanteros fijan el estándar en cuanto a productividad, eficiencia del combustible, versatilidad y comodidad del operador. En Honduras se utilizan mucho para movimiento corto de cargas en pavimento y para la manipulación y transporte de madera.



Ilustración 5: Cargador de ruedas 966M con 312 hp de potencia

Fuente: (Caterpillar, Caterpillar, 2020)



Ilustración 6: Skidder 525 con 130 hp de potencia

Fuente: (Caterpillar, Caterpillar, 2020)

- **Compactadores:** compactar de acuerdo con las especificaciones es muy importante para aplicaciones de suelos, rellenos sanitarios y pavimentación. Los compactadores que Caterpillar están específicamente diseñados para todo tipo de operación de compactación.



Ilustración 7: Compactador de asfalto de 130 hp de potencia

Fuente: (Caterpillar, Caterpillar, 2020)

- **Motoniveladora:** posee una refinada sección de controles de palanca y volante de dirección para lograr una nivelación de suelos muy precisa. Con una variedad de opciones de tecnología, puede mejorar la precisión de la nivelación y ahorrar en materiales de construcción.



Ilustración 8: Motoniveladora 140H con 250 hp de potencia

Fuente: (Caterpillar, Caterpillar, 2020)

3.2.2 TIPOS DE SISTEMAS DE POTENCIA CATERPILLAR

El generador eléctrico es el equipo que convierte la energía mecánica de rotación obtenida en el rodete en energía eléctrica. Su funcionamiento es consecuencia de la ley de Faraday, de inducción electromagnética. Esta versa sobre la producción de corriente eléctrica a partir del movimiento de un conductor eléctrico en un campo magnético. Los generadores eléctricos son máquinas muy evolucionadas obteniéndose un rendimiento bastante alto (95%) en funcionamiento nominal. La instalación de una multiplicadora se justifica si con ello aumentamos la velocidad de giro del rotor del generador, reduciendo su tamaño y coste. La reducción de tamaño se justifica en la reducción del número de polos del generador al tener mayor velocidad el eje. La instalación de este equipo lleva asociada unas pérdidas mecánicas (Rodríguez, 2020). Hay dos tipos comunes que distribuye CEMCOL y utilizados en Honduras:

- **Generador Eléctrico C9 (60Hz):** con una producción de corriente eléctrica confiable de 180 a 300 ekW a 60 Hz, estos Grupos Electrógénos Diésel C9 están diseñados para cumplir con los requisitos de la norma ISO 8528-5 de respuesta transitoria. Todos los Grupos Electrógénos C9 están fabricados conforme a las normas de emisiones para uso fijo de emergencia (Tier 3) de la EPA con bajo consumo de combustible.



Ilustración 9: Generador eléctrico C9-272

Fuente: (Caterpillar, Caterpillar, 2020)

- **Generador Eléctrico 3512 (60Hz):** estos Grupos Electrógenos Diésel 3512 producen potencia confiable de 890 to 1.250 ekW a 60 Hz y están diseñados para satisfacer sus necesidades de aplicaciones esenciales, continuas, de respaldo y principales. Cada grupo electrógeno está diseñado conforme a los requisitos de la norma ISO 8528-5 de respuesta transitoria y pueden aceptar un 100 % de carga nominal en un paso. Los grupos electrógenos ofrecen un sistema de bajo consumo de combustible.



Ilustración 10: Generador eléctrico 3512

Fuente: (Caterpillar, Caterpillar, 2020)

3.3 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DIESEL, TRANSMISIONES Y BOMBAS HIDRÁULICAS ACOPLADAS A MOTORES DIESEL

3.3.1 MOTORES DIÉSEL Y SU FUNCIONAMIENTO

El motor diésel es la fuente de poder de vehículos de transporte, de generadores de electricidad y de un sin número de máquinas ya sea de faenas de construcción, agrícolas, etc. El liderazgo se lo debe en gran medida a su eficiencia en el consumo de combustible lo que repercute en costos de operación menores que un motor de gasolina comparable. Sin embargo, contamina, por lo cual es necesario crear las condiciones para que el impacto medioambiental sea el mínimo

posible. El desarrollo del motor diésel ha apuntado a obtener mayor potencia por menos combustible.

En la actualidad un motor diésel utiliza solo un 70% del combustible que utilizaría un motor a gasolina de características similares para una misma potencia. Sin embargo, la robustez necesaria lo hace más costoso y pesado, además produce menos poder por unidad desplazada que un motor de gasolina. La difusión de la llama de la combustión diésel es más lenta lo que limita la velocidad máxima de operación (Rafael Braun, 2005).

Las principales tecnologías que se implementan en un motor diésel son las siguientes:

- Common-rail (riel de conducto común de inyección)
- Sistema electrónico de control
- Turbo de geometría variable
- Inyección directa de alta presión
- Filtro de partículas
- EGR (sistema de recirculación de gases)

La utilización de un sistema electrónico de control en motores diésel está motivada por la necesidad de ahorro de combustible y las cada vez más exigentes normas de emisiones. Este sistema debe monitor todas las entradas de sensores en los puntos críticos del motor, calcular parámetros de funcionamiento y controlar las variables del motor para asegurar el funcionamiento en su punto óptimo. También, poseen un módulo de control electrónico que está compuesto por una unidad procesadora central, una memoria, software, circuitos integrados y equipos periféricos. Los siguientes son los requerimientos que debe cumplir el ECM para hacerlo competitivo: Debe controlar los gases de escape midiendo la presión del aire de entrada y la velocidad del motor para limitar la relación aire-combustible. Debe tener la posibilidad de seleccionar diferentes torques del motor por parte del usuario. Debe poder controlar el trabajo de cada cilindro para asegurar un funcionamiento suave y constante. Debe tener la posibilidad de modificar la cantidad de frenado y la velocidad del vehículo a la cual se activa el retardador del motor. Debe controlar el encendido del ventilador dependiendo de las temperaturas del motor. Debe controlar la velocidad crucero, manteniendo constante la velocidad de vehículo pudiéndose

desconectar con el pedal de freno. Debe poder reducir la potencia del motor en casos necesarios. Debe poder apagar el motor en casos necesarios o para ahorrar combustible (Rafael Braun, 2005). En la ilustración 11 se demuestra cómo está acoplado el sistema de control

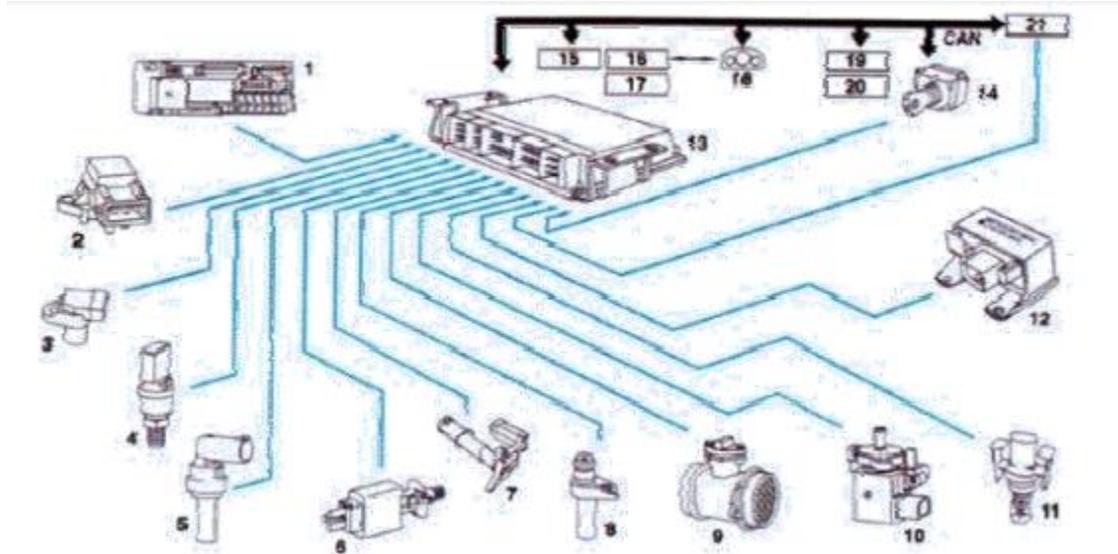


Ilustración 11: Diagrama de partes del EDC (sistema electrónico de control)

Fuente: (Rafael Braun, 2005)

Cada una de las partes asignadas con un número corresponde a lo siguiente:

1. Módulo de fusibles y actuadores electrónicos
2. Sensor de presión
3. Sensor de RPM
4. Sensor de presión sobre common-rail
5. Sensor de temperatura de agua
6. Contactador pedal de freno
7. Sensor de nivel de aceite
8. Sensor de posición de cigüeñal
9. Flujómetro de masa de aire (hilo caliente)
10. Sensor de posición de pedal de acelerador
11. Sensor de temperatura de aire
12. Precalentador
13. CPU

14. - 21. Información relativa a las señales ABS, EGS, ANTIRROBO, CLIM, ASR (Rafael Braun, 2005)

A medida que se desarrollan mayores revoluciones por minuto en los motores de inyección directa, más de la energía necesaria para la mezcla de combustible con el aire proviene del momento requerido para la atomización del combustible. Este trabajo es realizado por el sistema de inyección (bomba inyectora) que, siendo un sistema tradicional, requerirá de cerca de 1 [kW] de energía hidráulica para la generación de 4 inyecciones de 1 [ms] en una revolución de la bomba. Toda esta energía requerida, produce un considerable esfuerzo en el sistema de distribución (del cual depende la bomba inyectora) lo que además tiene como consecuencia sonidos y vibraciones en todo el tren de distribución. Lo anterior unido a la necesidad de un sistema electrónico que se adecue a las condiciones variables tanto del motor como de los requerimientos del usuario, hacen necesario la implementación del Sistema Common Rail (Conducto Común) en los vehículos diésel modernos. Este sistema consiste básicamente en una vía "común" que acumula combustible a presión para todos los inyectores. La presión es controlada por una bomba de combustible de alta presión y la inyección controlada en cada pistón se realiza electro magnéticamente en cada inyector. La siguiente ilustración muestra las partes del sistema y un esquema de posible configuración de estos (Rafael Braun, 2005).

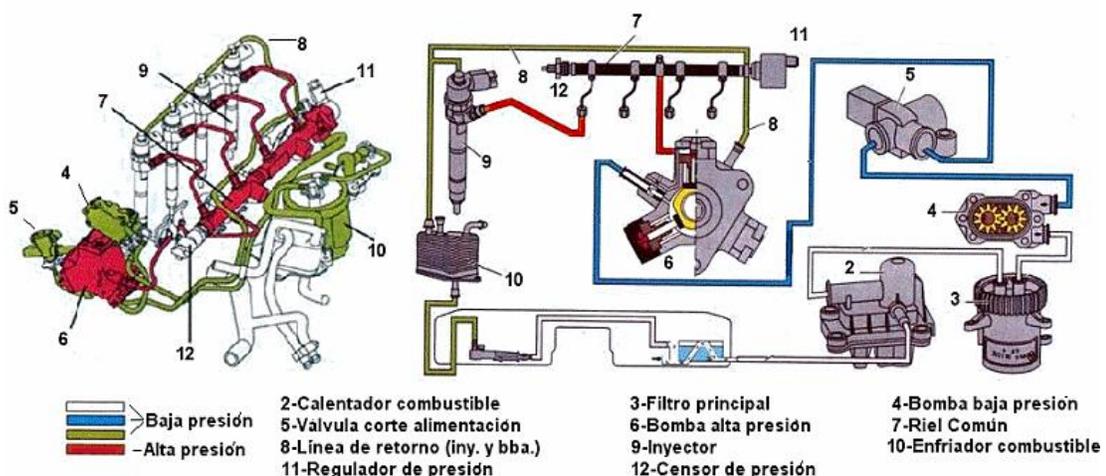


Ilustración 12: Partes de un sistema common rail

Fuente: (Rafael Braun, 2005)

La mayor ventaja que presenta este sistema es la de poder implementar un control electrónico de inyección de combustible. El método tradicional se caracteriza por poseer sistemas mecánicos en su sistema de regulación de inyección, esto hace imposible la implementación de todos los parámetros calculados que puede entregar un sistema electrónico moderno. Como en el sistema Common rail, el control de la inyección es producido por pulsos de corriente (inyectores controlados electro magnéticamente), un sistema electrónico puede ser implementado y modificar parámetros en la inyección en cualquier momento del ciclo. Esto es posible debido a la independencia que tiene el sistema con las revoluciones del motor, debido a la acumulación de presión combustible en el conducto común que alimenta a todos los inyectores (Rafael Braun, 2005).

Los turbos cargadores de geometría variable instalados en motores de inyección diésel, necesitan de una máxima presión de inyección de combustible a baja RPM al momento de solicitar una aceleración del motor. Lamentablemente la energía disponible en el sistema de escape es insuficiente para la aceleración del turbo ("Turbo-lag") lo cual retarda su aceleración. En un sistema tradicional, la máxima disponibilidad de presión de combustible depende de las RPM del motor lo cual dificulta la aceleración del turbo en estos momentos. El sistema Common rail al ser independiente del motor, puede disponer de la presión necesaria y suplir la demanda de combustible óptima para la aceleración del sistema (energía para el turbo). El sistema de control electrónico entrega señales que detectan inconsistencias entre la potencia entregada por cada cilindro, defecto que se puede corregir ya que cada inyector es controlado independientemente (Rafael Braun, 2005).

Cada inyector tiene una válvula de aguja convencional que opera como un servomecanismo ajustando la diferencia de presión que hay entre la parte inferior y superior de la válvula (ver corte de inyector en la ilustración 13). Un resorte mantiene la aguja cerrada, y sobre ella se encuentra su controlador. Este sistema puede ser operado en cualquier momento del ciclo del motor, pudiendo ejecutar varias inyecciones en un mismo ciclo. Para disminuir la distorsión en la combustión, la cual es notoria en altas tasas de inyección a bajas revoluciones, es que se produce una pre- inyección de combustible antes de la principal.

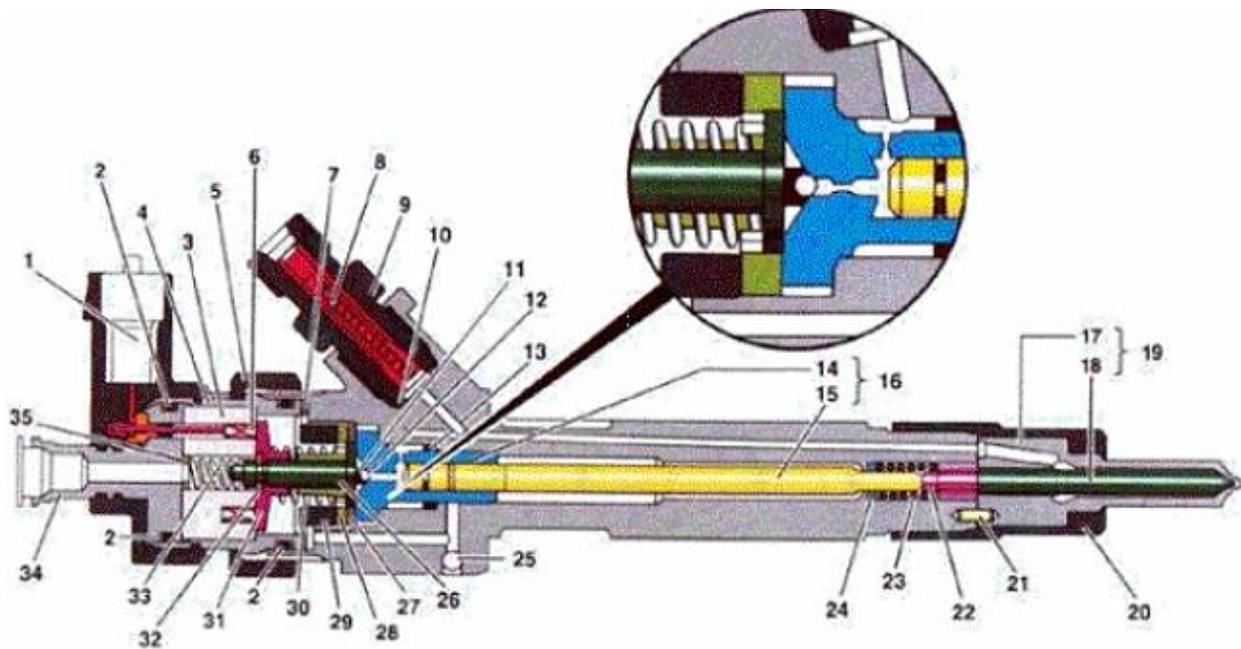


Ilustración 13: Corte de un inyector

Fuente: (Rafael Braun, 2005)

Las partes se distribuyen de la siguiente manera:

1 conexión eléctrica; 2 O ring; 3 núcleo magnético; 4 cubierta, 5 tuerca de sujeción del imán; 6 bobina magnética; 7 anillo de ajuste; 8 filtro lápiz; 9 tubo de presión; 10 disco de estanqueidad; 11 guía de bola; 12 válvula de bola; 13 anillo de estanqueidad; 14 elemento de válvula; 15 pistón de válvula; 16 guarnición de válvula; 17 cuerpo del inyector; 18 punzón de inyector; 19 inyector; 20 tuerca de sujeción del inyector; 21 fijación de sujeción espiral; 22 parte de presión; 23 apoyo de inyector; 24 disco de compresión; 25 bola; 26 centradores de la armadura; 27 anillo de ajuste; 28 disco de la armadura; 29 tornillos de sujeción de válvula; 30 resorte de inducido; 31 válvula de placa; 34 tubo de evacuación; 35 disco de ajuste (Rafael Braun, 2005).

La distribución general de un motor diésel, con todo lo antes descrito, se muestra de la siguiente manera en la ilustración 14:

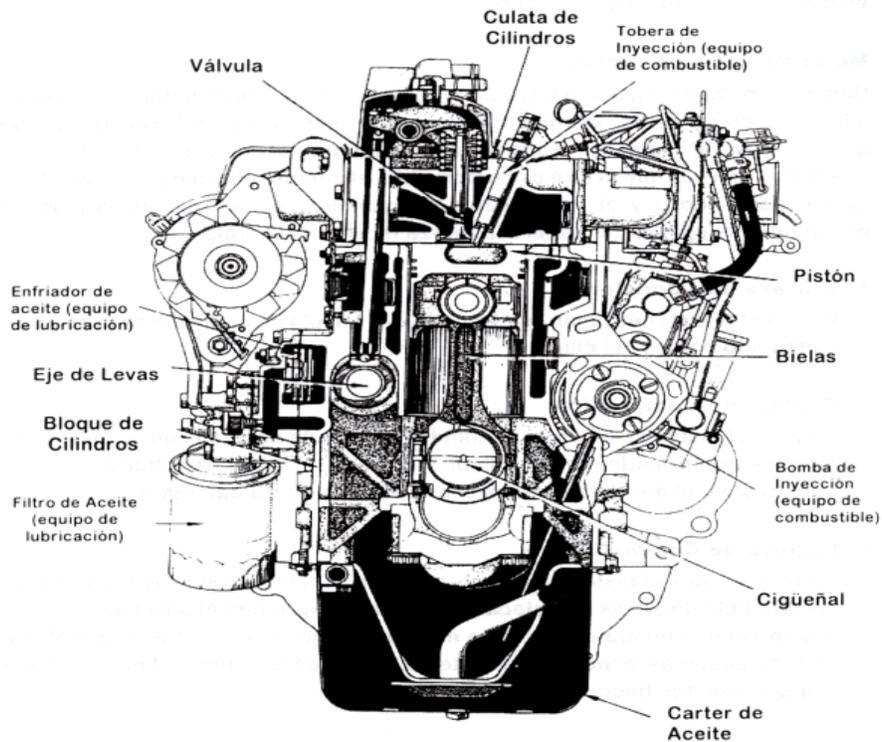


Ilustración 14: Distribución de un motor diésel

Fuente: (Rafael Braun, 2005)

3.3.2 TRANSMISIONES DE MOTORES DIÉSEL DE EQUIPO PESADO

La transmisión de los vehículos está formada por diferentes órganos mecánicos: el embrague, la caja de cambios, el grupo reductor, el diferencial, etc. La transmisión tiene como misión principal transmitir el giro del motor hasta las ruedas, adaptando el par motor a las necesidades de conducción del vehículo.

La transmisión realiza las siguientes funciones:

- Acopla o desacopla el giro del motor con el cambio, función realizada por el embrague
- Reduce o aumenta el par que entrega el motor por medio de la caja de cambios
- Permite marcha atrás
- Transmite el par desde la salida de la caja de cambios hasta la rueda a través de los árboles de transmisión, diferenciales, grupos cónicos y semiárboles (Esteban Dominguez, 2008)

En vehículos industriales como, por ejemplo, los camiones, se identifica el tipo de transmisión por números; por ejemplo: 4x2, 4x4, 6x2, 6x4, 6x6, etc. El primer número indica el número de ejes multiplicado por dos y el segundo número hace referencia a las ruedas motrices. La cadena cinemática es muy parecida a la del resto de vehículos pero con la particularidad de una mayor robustez y un considerable mayor tamaño, y la forman: motor, embrague, cambio, árbol de transmisión y puente trasero (diferencial, grupo cónico y palieres) (Esteban Dominguez, 2008).

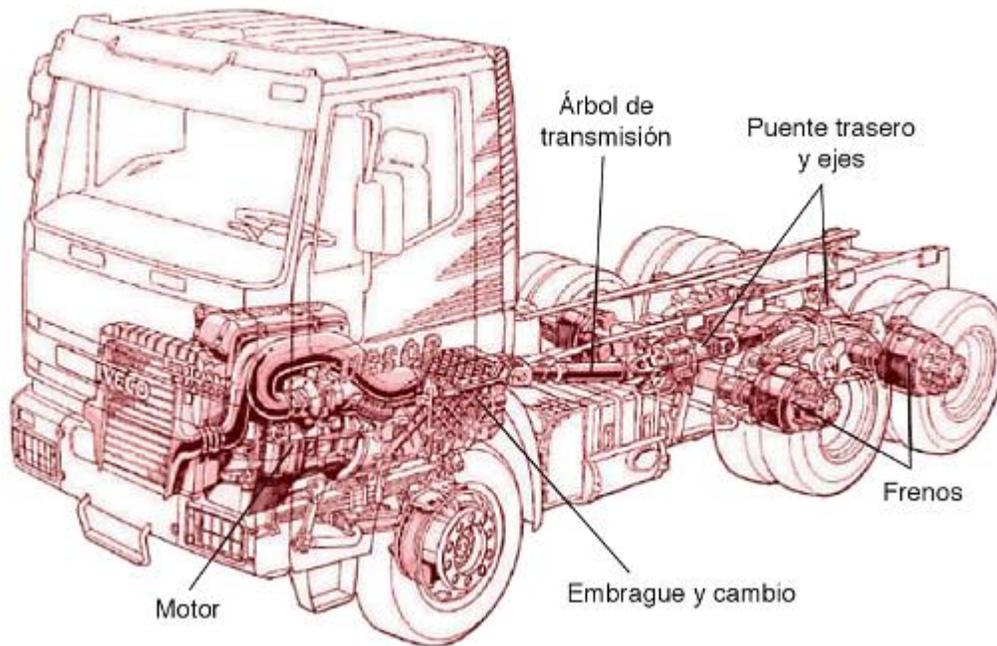


Ilustración 15: Cadena cinemática 6x4

Fuente: (Esteban Dominguez, 2008)

Los tractores para trabajo o vehículos agrícolas emplean generalmente dos ruedas motrices 4x2. El eje trasero es motriz y tiene mayores dimensiones que el delantero que tiene la misión de guiar el vehículo. Existen también vehículos agrícolas e industriales denominados "orugas". En estos vehículos, se sustituyen las ruedas por cadenas que combinan la transmisión y dirección. Actualmente, y con la incorporación de motores más potentes, se están imponiendo los vehículos agrícolas 4x4, que poseen la mejor tracción en cualquier tipo de terreno.

La transmisión 4x4 utilizada en los vehículos agrícolas e industriales es similar a la empleada en los automóviles y camiones.

Los vehículos agrícolas e industriales no emplean árbol de transmisión para el eje trasero, el árbol de transmisión se emplea para transmitir el par al eje delantero. Los componentes de la transmisión, caja de cambios y grupo cónico, forman el chasis del vehículo. La cadena cinemática de los vehículos agrícolas e industriales 4x2 está formada por el embrague de fricción o multidisco bañados en aceite, cambio, conjunto de grupo cónico con diferencial y lo semiárboles y trenes epicicloidales reductores. En la mayoría de tractores modernos, en los semiárboles traseros se montan trenes epicicloidales reductores que permiten colocar los dispositivos de frenado (Esteban Dominguez, 2008).

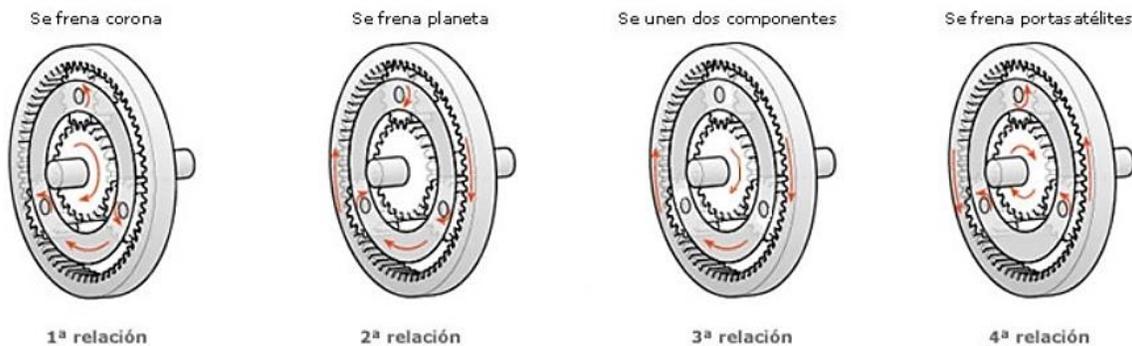


Ilustración 16: Funcionamiento del engrane epicicloidal

Fuente: (Seas, 2015)

Un engranaje planetario o epicicloidal es un sistema o tren de engranajes formado por uno o más engranajes externos o satélites que rotan sobre un engranaje central o planeta. Un uso frecuente de este mecanismo es actuar como reductor en los modernos cambios de marcha. El motor transmite su fuerza a través de un palier al engranaje central, y la corona móvil gira con un sistema de bomba de aceite gobernada electrónicamente, consiguiéndose así un cambio de marchas continuo, conseguir detener completamente el vehículo o incluso hacer que vaya marcha atrás, basta con controlar la velocidad de la corona (Seas, 2015).

También, muchos tractores diésel Caterpillar de alta potencia poseen una transmisión llamada "servotransmisión de contraeje". Las servotransmisiones de contraeje se diferencian de las planetarias en que utilizan engranajes rectos de engranaje constante. La transmisión no tiene collares deslizantes. Los cambios de velocidad y dirección se obtienen enganchando hidráulicamente varios conjuntos de embrague (Nova, 2016).

Las ventajas de la servotransmisión de contraeje incluyen: menos piezas, menos peso y protección controlada de la modalidad de fallas. Solenoides de cambio operados eléctricamente, proporcionan cambios automáticos a la vez que eliminan el varillaje de control por cable desde la cabina del operador a la válvula de control de la transmisión.

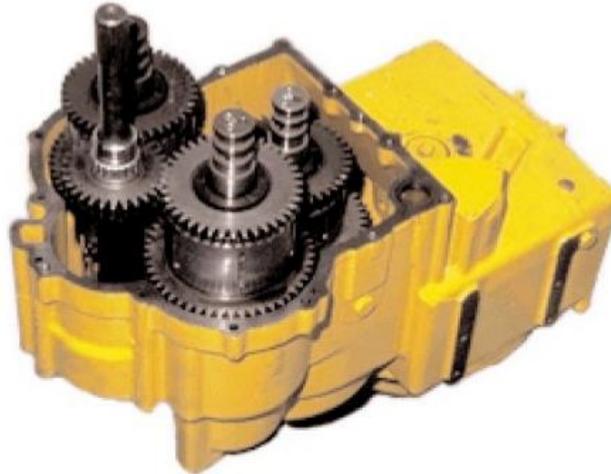


Ilustración 17: Servotransmisión de contraeje

Fuente: (Caterpillar, Caterpillar, 2020)

Su mayor diferencia a las transmisiones normales son 3 embragues están acoplados a 3 ejes diferentes para distribuir el par-torque a un juego de engranes que provocan que el tractor posea 8 velocidades distintas. Estos 3 embragues y ejes funcionan por una bomba especial que toda la servotransmisión posee. La bomba suministra aceite para todo el sistema hidráulico del tren de fuerza. Es una bomba de desplazamiento positivo, de engranajes, con una sola sección. La bomba es impulsada por el engranaje de la bomba empernado al rodete del convertidor de par. En algunas máquinas la bomba está ubicada en el eje interno de la transmisión, y es impulsada por la maza del rodete del convertidor de par. Para conocer la ubicación de los componentes remítase siempre al manual de servicio apropiado para la máquina que recibe servicio. En las ilustraciones 18 y 19 se muestran ejemplos de la bomba y su funcionamiento (Nova, 2016).

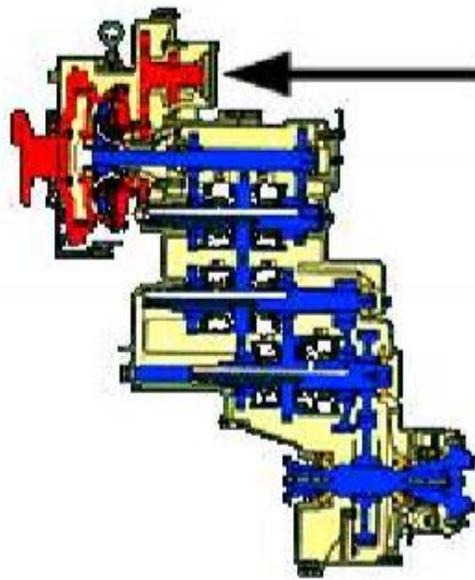


Ilustración 18: Esquema de posición de la bomba hidráulica

Fuente: (Nova, 2016)

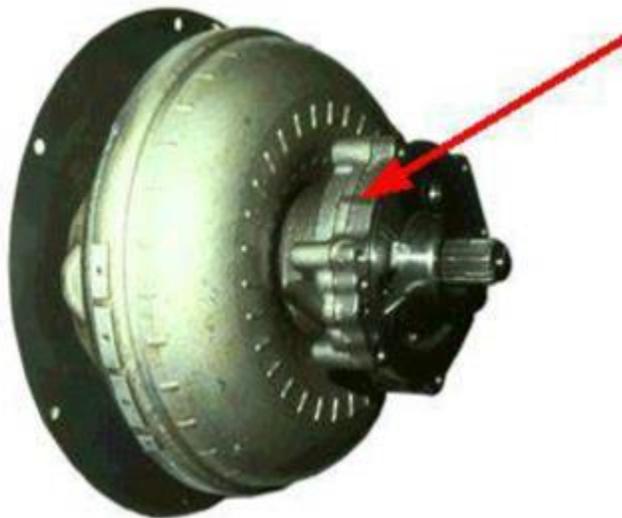


Ilustración 19: Bomba hidráulica suministradora de aceite

Fuente: (Nova, 2016)

CAPÍTULO IV. DESARROLLO

4.1 DESACOPLE DE TRANSMISIÓN DE UN REMOLCADOR DE MADERA SKIDDER 525

4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En el proyecto se realizó una inspección para detectar error de funcionamiento del movimiento en primera marcha y retroceso de un skidder 252. Se determinó, mediante procesos específicos, que la falla provenía directamente de la caja de transmisión. La transmisión se desacopló, se desarmó y se detectaron las fallas dentro de la transmisión.

4.1.2 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLADO

El Skidder 525 no tenía la capacidad de moverse, por la cual se determinó utilizar instrumentos de medición de temperatura infrarrojos para determinar si el motor tenía temperaturas altas o la caja de transmisión poseía temperaturas altas al momento de funcionar. También, se instaló un medidor de presión de fluido de la caja de transmisión para saber si la presión de la transmisión estaba bajo estándares normales de operación. Ante la lectura de los dispositivos, se determinó que la transmisión era la causa de la falla, por lo cual, se decidió desacoplarla. Para poder desacoplar la caja de transmisión, es necesario el desacople de la cabina de todo el resto del chasis de la máquina, quitando todos los componentes eléctricos y pedales ya que la transmisión está por debajo de la cabina del operador tal como se demuestra en las ilustraciones 20 y 21.



Ilustración 20: Desacople de cabina del Skidder 525

Fuente: realizada por autor

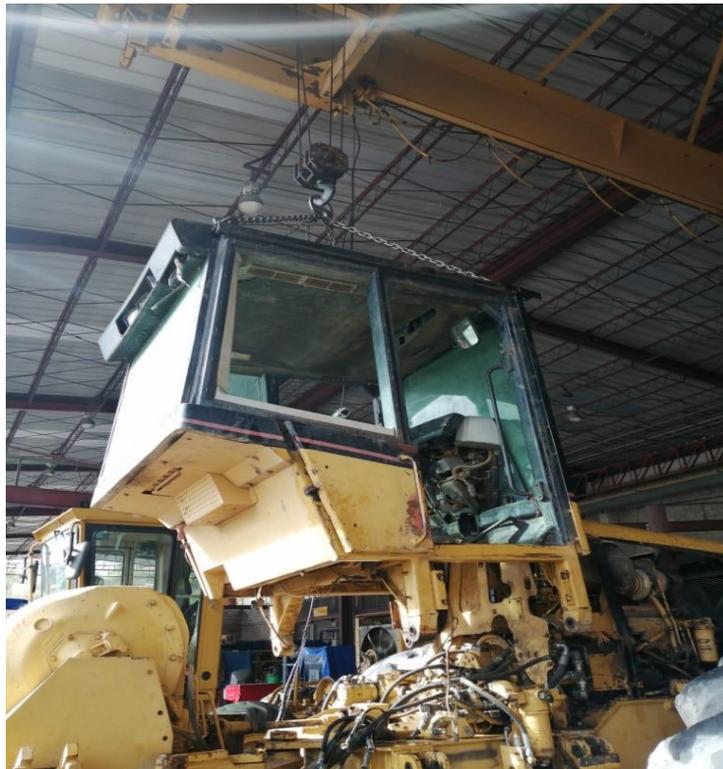


Ilustración 21: Desacople de cabina del Skidder 525

Fuente: realizada por autor

Una vez desacoplada la cabina del chasis con ayuda de un tecla con capacidad de 15,000 libras, se empezó vaciar todo el líquido hidráulico de la caja de transmisión y a quitar todas las líneas de intercambio de aceite de la bomba de aceite hidráulico de la caja de transmisión. Estas líneas de aceite hidráulico van dirigidas hacia válvulas de distribución, fue necesario el uso de herramientas como llaves de tuercas, cubos de tuercas, manerales, ratch y pistolas neumáticas.

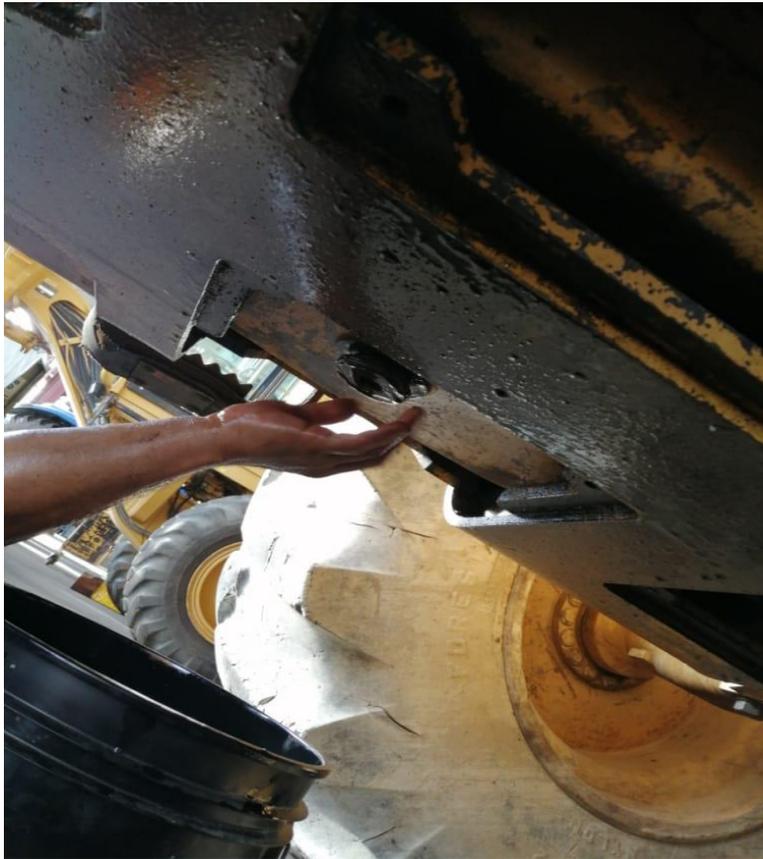


Ilustración 22: Vaciado de aceite de caja de transmisión

Fuente: realizada por autor

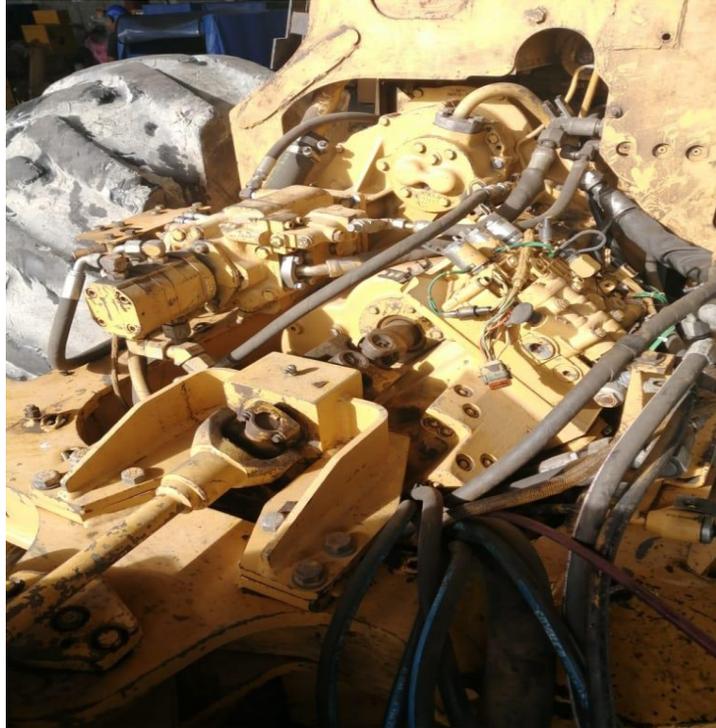


Ilustración 23: Desacople de líneas hidráulicas de caja de transmisión

Fuente: realizada por autor

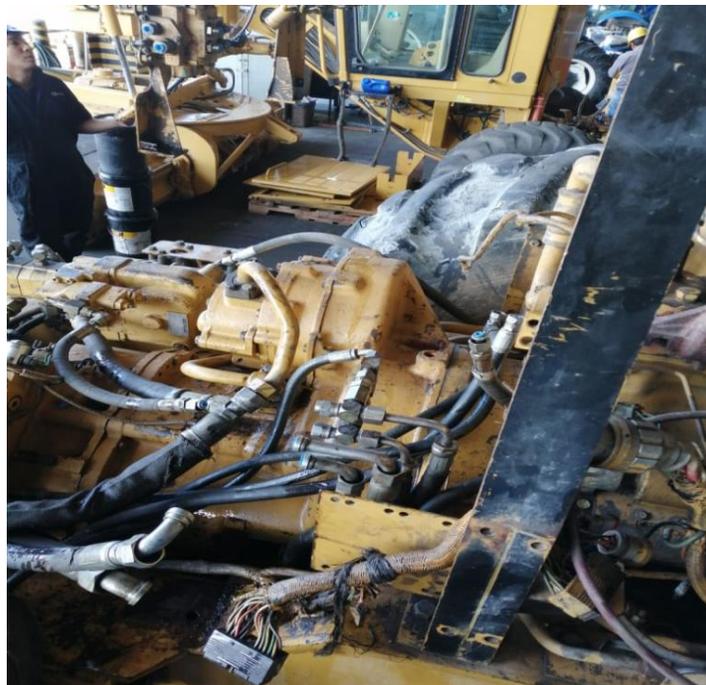


Ilustración 24: Desacople de líneas hidráulicas de caja de transmisión

Fuente: realizada por autor

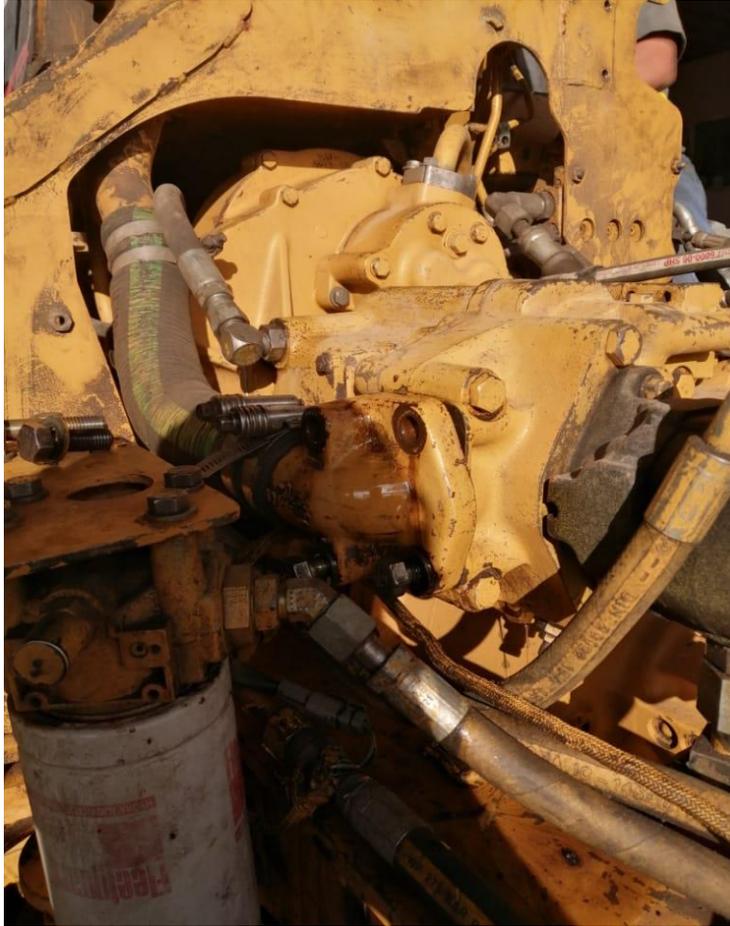


Ilustración 25: Desacople de líneas hidráulicas de caja de transmisión

Fuente: realizada por autor

Teniendo todas las líneas de aceite hidráulico desconectadas del chasis y de las válvulas distribuidoras, se prosiguió a desacoplar la caja de transmisión del chasis con la ayuda del tecele de 15,000 lbs de capacidad. La actividad tuvo que realizarse de manera segura y con todas las precauciones necesarias ya que la transmisión tiene un peso de 1000lbs aproximadamente.



Ilustración 26: Desacople de transmisión del chasis del Skidder 525

Fuente: realizada por autor



Ilustración 27: Desacople de transmisión del chasis del Skidder 525

Fuente: realizada por autor

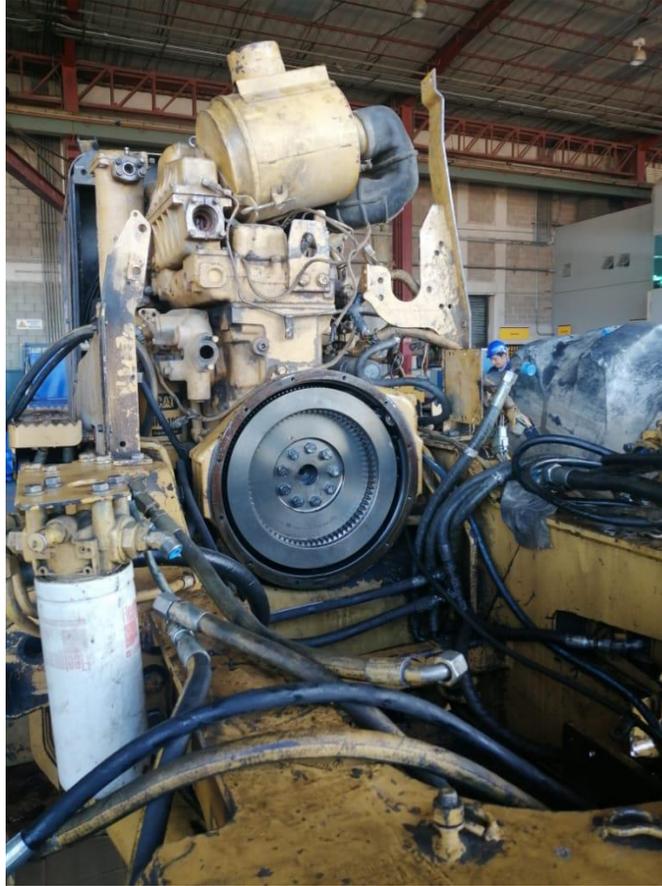


Ilustración 28: Skidder 525 con transmisión desacoplada

Fuente: realizada por autor

Una vez la transmisión se desacopló del chasis de Skidder 525, se instaló en una mesa de desarmado de transmisiones y se empezó a desarmar la transmisión parte por parte, siguiendo protocolos internacionales especificados por Caterpillar para poder encontrar la falla específica dentro de la transmisión. Cabe mencionar que la transmisión de un Skidder 525 es una servotransmisión de contraejes, por lo cual la transmisión posee 3 ejes distintos dentro de toda la carcasa de transmisión. El proceso de desarmado de transmisión se muestran en las ilustraciones 29 y 30.



Ilustración 29: Proceso de desarmado de transmisión

Fuente: realizada por autor



Ilustración 30: Proceso de desarmado de transmisión

Fuente: realizada por autor



Ilustración 31: Proceso de desarmado de transmisión

Fuente: realizada por autor



Ilustración 32: Ejes y embragues separados de la transmisión

Fuente: realizada por autor

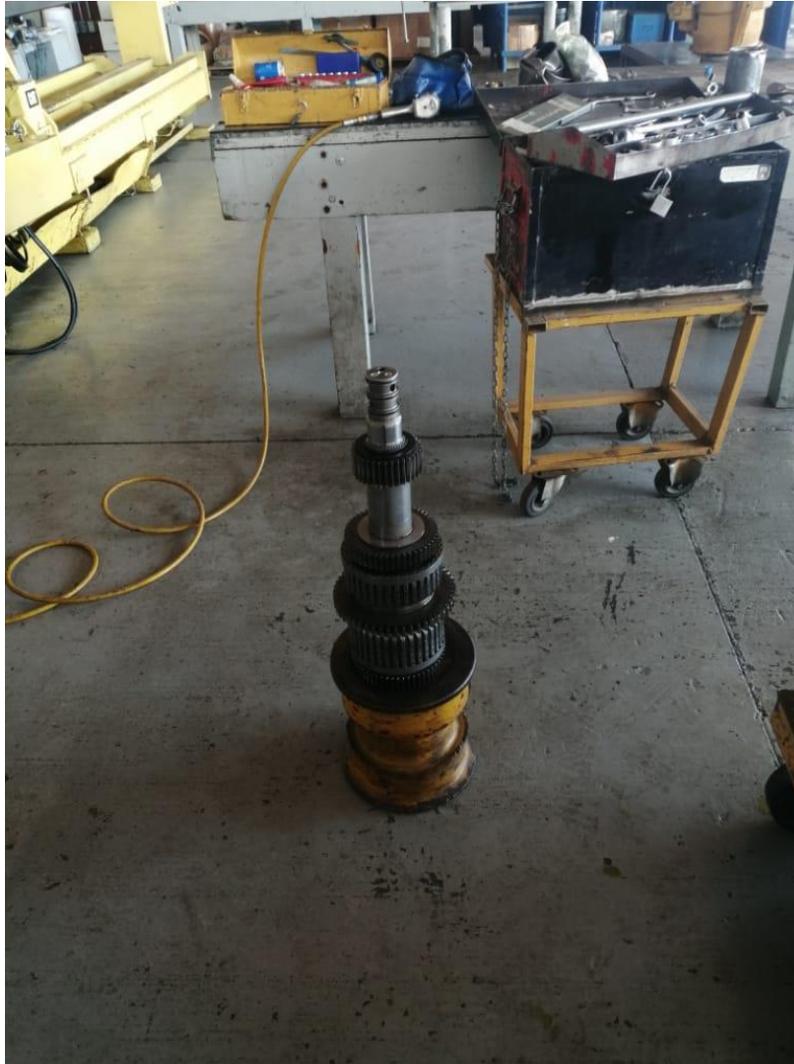


Ilustración 33: eje central con embragues listo para ser inspeccionado

Fuente: realizada por autor

La desarticulación del eje central y su respectivo desarmado nos permitió ver que la cámara de fricciones que trae el embrague de todo el eje estaba dañada, con las fricciones gastadas y dañadas por lo que se procede a un proceso de cotización dentro de CEMCOL para tener un acuerdo entre el cliente (dueño de la máquina) para proceder a pedir piezas necesarias para reparación. En la ilustración 34 se muestran la cámara de embragues del eje con sus fricciones dañadas.



Ilustración 34: Eje central desarticulado con cámara de embragues dañada

Fuente: realizada por autor

Se identificó el daño y la razón por la cual el Skidder 525 no podía arrancar, mientras la cámara de embragues y sus respectivas fricciones estén dañadas, éstas no pueden ejercer presión para que la marcha del Skidder 525 pueda ser activada acoplándose el eje principal de la servotransmisión de contraejes a la bomba principal que también está conectada al volante del cigüeñal del Skidder 525.

4.2 REPARACIÓN DE JUNTA GIRATORIA CENTRAL (SWIVEL) Y DE COJINETE DE GIRO DE TORNAMESA DE UNA EXCAVADORA 322 BL

4.2.1 DESCRIPCIÓN DE PROYECTO

En el proyecto se realizó la inspección de errores a una excavadora 322 BL cuyo problema era la poca potencia en tracción de sus orugas. Estos errores suelen provenir, en su mayoría, de la bomba hidráulica acoplada al motor o de la junta giratoria central encargada de distribuir el fluido hacia los engranes de las orugas. Se identificó el error en la junta giratoria, se prosiguió a desarticular las orugas del resto del chasis de la excavadora.

4.2.2 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLADO

La excavadora 322 BL poseía fallas de movimiento en ambas de sus orugas o cadenas. Al momento de accionar los comandos para mover los engranes principales que causan el movimiento de las orugas, estas se movían con poco torque o de manera inversa a lo que el operador accionaba dentro de la cabina. Con la experiencia de técnicos de muchos años de trabajo, determinaron que la falla provenía de la junta giratoria central que hace el trabajo de distribución necesaria de fluido hidráulico, que proviene directamente de la bomba hidráulica de pistones directamente acoplada al motor, para que los engranes de las orugas se muevan con el torque necesario según los comandos del operador. La primera tarea necesaria fue levantar toda la estructura de la máquina del suelo, para poder desacoplar la estructura de las orugas con el resto del chasis de la excavadora como se muestra en la ilustración 35:



Ilustración 35: Excavadora embancada para desacople de orugas con resto del chasis

Fuente: realizada por autor

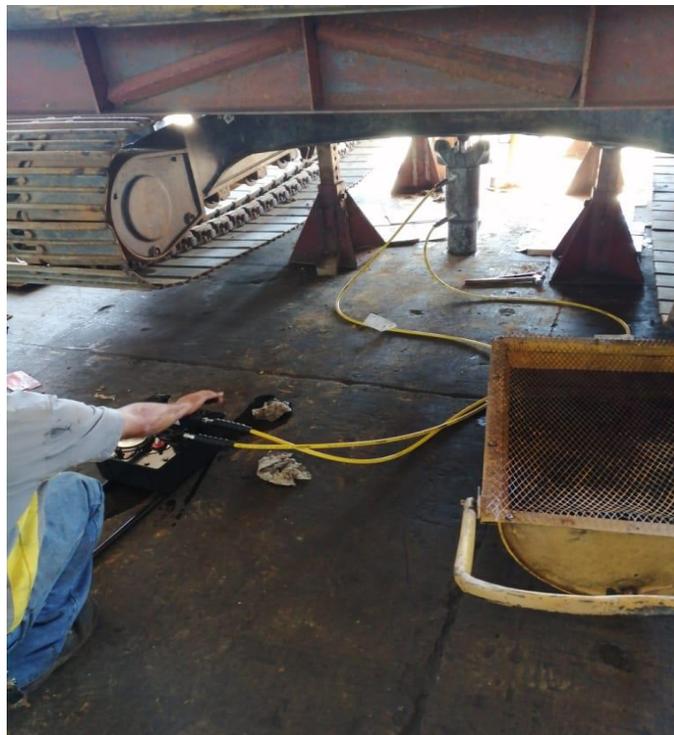


Ilustración 36: Excavadora embancada para desacople de orugas con resto del chasis

Fuente: realizada por autor

Una vez embancada la máquina, se prosiguió a desacoplar estructura de cadenas u orugas con el resto del chasis. Ambas estructuras están unidas por una tornamesa con cojinete que permite a la excavadora girar 360 grados. La tornamesa posee 72 pernos de $1 \frac{5}{8}$ de pulgada para poder sujetar ambas estructuras. Para proceder a quitar cada perno, es necesario un maneral especial con un cubo de tuerca para esa medida. En la ilustración 37 se muestra la tornamesa con los pernos:



Ilustración 37: Extracción de pernos para desacople de tornamesa con estructura de orugas

Fuente: realizada por autor

Cuando se extraen los 72 pernos correspondientes, se procede a separar ambas estructuras con la ayuda de montacargas y pistones manuales hidráulicos para peso en toneladas.

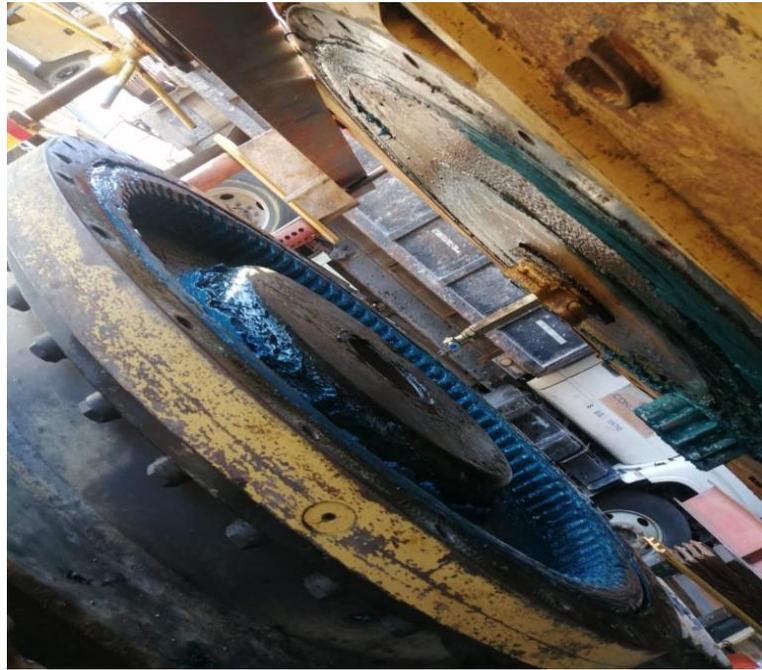


Ilustración 38: Desacople del chasis con estructura de orugas

Fuente: realizada por autor



Ilustración 39: Desacople del chasis con estructura de orugas

Fuente: realizada por autor

Teniendo ambas estructuras separadas, se prosiguió quitar el cojinete de giro de tornamesa para hacerle el mantenimiento y reparaciones necesarias. En la figura 40 se muestra el cojinete de giro de tornamesa:



Ilustración 40: Giro de cojinete de tornamesa

Fuente: realizada por autor

Teniendo separados ambos elementos de la excavadora, se siguió con los pasos para poder extraer la principal causa del problema de la excavadora: la junta giratoria central. Para poderla quitar del chasis de la excavadora, fue necesario hacer un ingreso al centro del chasis de la excavadora junto a las herramientas necesarias para poder desacoplarla de sus respectivos pernos. La tarea fue realizada bajo todas las normas de seguridad exigidas por CEMCOL. En la ilustración 41 se muestra el interior del chasis de la excavadora con la junta ya desacoplada:



Ilustración 41: Desacople de junta giratoria central dentro del chasis de la excavadora

Fuente: realizada por autor

La junta se debe desacoplar tanto de la parte superior, dentro del chasis, como la parte inferior para poder removerla en su totalidad y proseguir a examinación para reparación. En la ilustración 42 se muestra la imagen del desacople de la junta de la parte inferior del chasis.



Ilustración 42: parte inferior del desacople de la junta giratoria central

Fuente: realizada por autor

Se desacopló la junta giratoria central en su totalidad para una inspección total para verificar el tipo de daño y que tan grande era el daño. En la ilustración 43 se muestra la junta giratoria central que, posteriormente, se prosiguió a un lavado exhaustivo con gas y agua para un propio desarmado e inspección.



Ilustración 43: Junta giratoria central

Fuente: realizada por autor

Posteriormente, se desarmó y se inspeccionó detalladamente cada parte de la junta giratoria central como se muestra en las ilustraciones 44 y 45:



Ilustración 44: Desarmado de junta giratoria central

Fuente: realizada por autor



Ilustración 45: Desarmado total de junta giratoria central

Fuente: realizada por autor

Tanto en el giro de cojinete de tornamesa como en la junta giratoria central se corrigieron los errores para volver a ensamblarse y acoplarse a la excavadora. El giro de cojinete de tornamesa se arregló cambiándole sus respectivos balines o bolas, necesarios para el giro, y se colocó grasa de cojinetes de bolas Caterpillar nuevo como se muestra en la ilustración 46. En la junta giratoria central, se cambiaron los sellos y empaques esenciales para impedir fuga del aceite hidráulico a presión, ya que los antiguos estaban dañados y eran la principal causa de la falla. En la ilustración 47 se muestra su ensamblaje al chasis de la excavadora.



Ilustración 46: Colocación de grasa de cojinete bolas Caterpillar en el giro de tornamesa

Fuente: realizada por autor

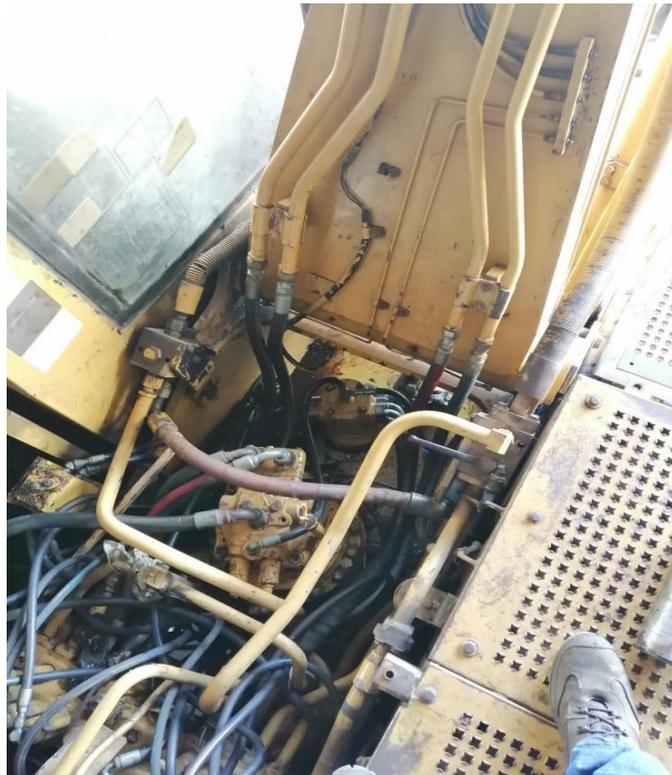


Ilustración 47: Acople de junta giratoria central al circuito hidráulico del chasis de la excavadora

Fuente: realizada por autor

Teniendo acopladas el giro de tornamesa y la junta giratoria central al chasis de la excavadora, se prosiguió a unir la parte inferior, parte que consta con las orugas del tractor, al resto del chasis que de momento se encontraba embancado con burros para embanque o torres de embanque. En la ilustración 48 se muestra el inicio del proceso de unión del chasis con la estructura de orugas.



Ilustración 48: Acople de chasis con cuerpo de orugas con sus respectivos pernos

Fuente: realizada por autor



Ilustración 49: Acople de chasis con cuerpo de orugas con sus respectivos pernos

Fuente: realizada por autor

Cabe mencionar que cada uno de los 72 pernos para acoplar el giro de cojinete de tornamesa con el chasis embancado de la excavadora y la estructura de orugas fue necesario el uso de un torquímetro con capacidad de 660 libras, fuerza de torque indicada por manuales de Caterpillar para el torque de dichos pernos.



Ilustración 50: Torquímetro especial para 660 libras de torque a pernos de acople

Fuente: realizada por autor.



Ilustración 51: Todos los pernos acoplados con 660 libras de torque

Fuente: realizada por autor

Cuando ambas estructuras estaban debidamente acopladas, se prosiguió al ensamble inferior de la junta giratoria central con las mangueras hidráulicas correspondientes a cada engrane con su respectiva oruga como se muestra en la figura 52:



Ilustración 52: Acople de mangueras hidráulicas de orugas a la parte inferior de la junta giratoria central

Fuente: realizada por autor

4.3 REPARACIÓN DE CILINDRO HIDRÁULICO DE RUEDAS DELANTERAS Y CAMBIO DE PLACAS DE AJUSTE DE TORNAMESA DE MOTONIVELADORA 140H

4.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consistió en el ajuste de un cilindro cuyo trabajo es la dirección de las llantas posteriores de la motoniveladora 140H. El cilindro tenía falla de fugas de aceite hidráulico por lo que se desacopló, inspeccionó y se arregló. También, la tornamesa no operaba con su giro normal, por lo cual se decidió cambiar el principal factor por fallas de giro que corresponden a las placas de ajuste que sirven como separación y aislamiento térmico entre el acero de la tornamesa y el acero de la estructura donde va acoplada la tornamesa de la motoniveladora 140H.

4.3.2 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

La primera operación constató de desacoplar el cilindro con fuga de aceite hidráulico de la motoniveladora. El cilindro pertenecía a la rueda derecha de la motoniveladora, rueda primordial para la dirección de toda la máquina. Debido a exposición de la máquina al agua y sol, el cilindro se encontraba oxidado de las partes donde se acopla con pernos a la máquina y se necesitaron medios extremos como penetrantes (anticorrosivos) y una fuente de calor intenso con oxígeno y nitrógeno como se muestra en la ilustración 53.



Ilustración 53: Motoniveladora con cilindros de oxígeno y nitrógeno para aplicación de calor al cilindro oxidado

Fuente: realizada por autor

En las ilustraciones 54 y 55 se muestra como el cilindro está acoplado a la máquina y la respectiva fuga de aceite hidráulico del mismo.

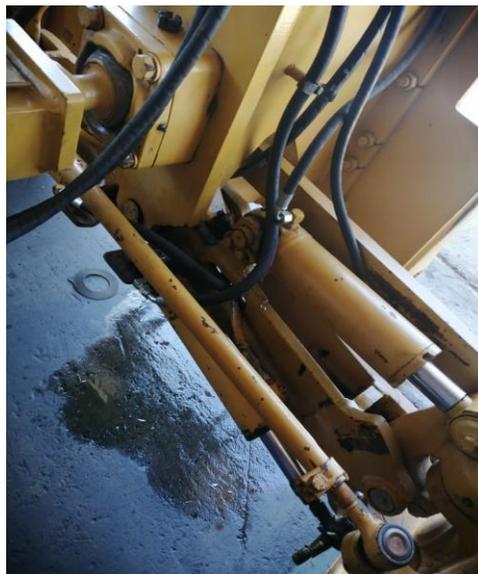


Ilustración 54: Fuga de aceite hidráulico en cilindro inferior para dirección de llanta derecha

Fuente: realizada por autor

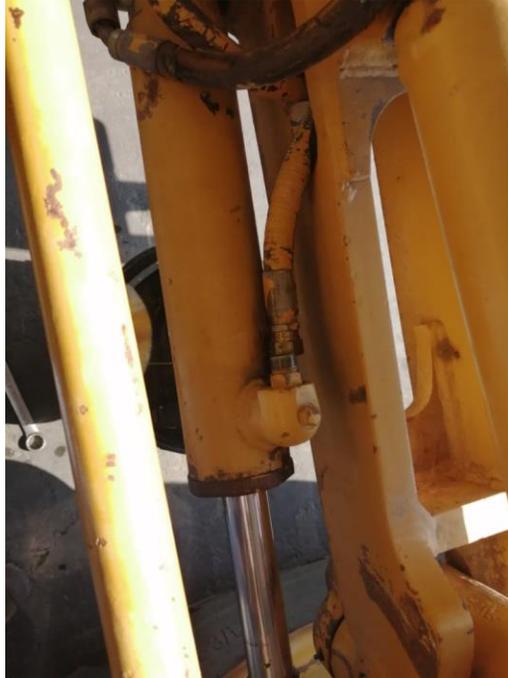


Ilustración 55: Fuga de aceite hidráulico en cilindro inferior para dirección de llanta derecha

Fuente: realizada por autor

Previo al desacople del cilindro, se desconectaron todas las líneas hidráulicas que le suministraban el aceite a alta presión. El proceso se hizo en orden, marcando cada línea para, posteriormente, poder identificar su lugar de acople correspondiente.



Ilustración 56: Desacople de guarda protectora de líneas hidráulicas

Fuente: realizada por autor



Ilustración 57: Desacople de guarda protectora de líneas hidráulicas

Fuente: realizada por autor

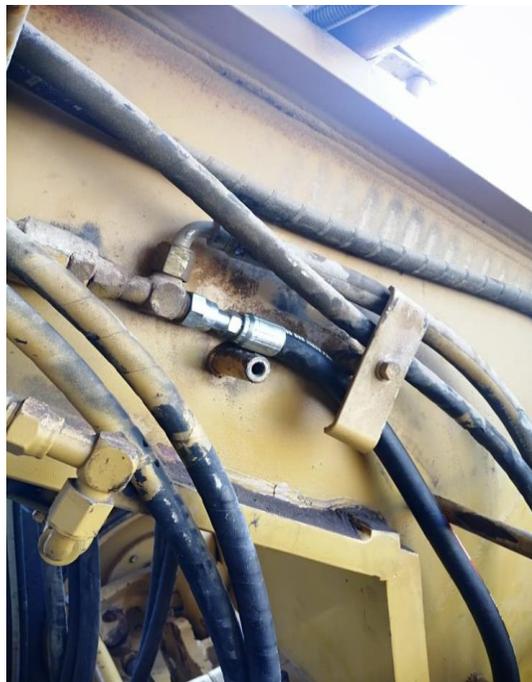


Ilustración 58: Inicio de desacople de líneas hidráulicas del cilindro dañado

Fuente: realizada por autor

Una vez teniendo las líneas identificadas, se prosiguió al desacople directo de las líneas hidráulicas del pistón, cuya tarea fue realizada con herramientas y llaves especiales para fittings (terminales de líneas hidráulicas) del puerto de entrada de aceite como el de soldia. También, se muestra el perno que se calentó por oxidación, encerrado en el círculo rojo, para el desacople del cilindro de la máquina como se muestra en la ilustración 59:

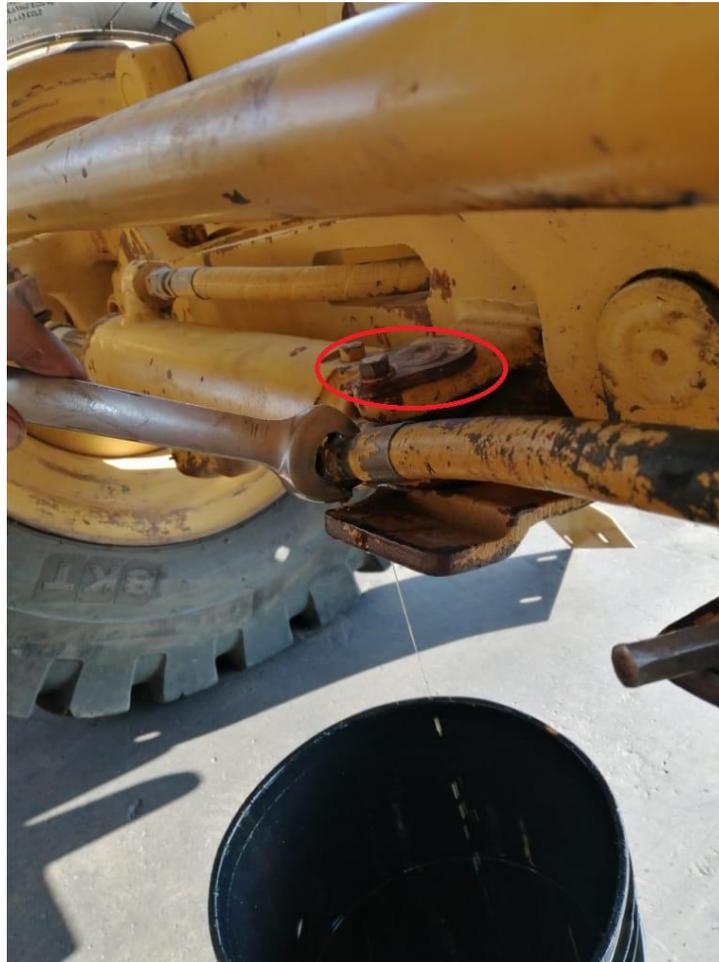


Ilustración 59: Desacople de líneas hidráulicas directas al cilindro

Fuente: realizada por autor

Luego de desacoplar todas las líneas hidráulicas y de desacoplar el cilindro de la motoniveladora, se prosiguió al desarmado e inspeccionado de errores al cilindro para encontrar la falla que causaba la fuga de aceite hidráulico. El proceso se muestra en las siguientes ilustraciones:



Ilustración 60: Desarmado de cilindro hidráulico dañado

Fuente: realizada por autor



Ilustración 61: Desarmado de cilindro hidráulico dañado

Fuente: realizada por autor



Ilustración 62: Desarmado de cilindro hidráulico dañado

Fuente: realizada por autor

Se determinó que la causa del problema de fuga era por sellos dañados y oxidación que presentaba el vástago del cilindro. Cuando los sellos fallan ya sea por desgaste o ruptura, dejan salir el aceite que se encuentra bajo presión dentro del cilindro. Se cambiaron todos los sellos del cilindro, que se encuentran entre el barril y el vástago, y se limó el vástago con lija para metal grano 80 para eliminar todo el óxido. Luego, se prosiguió para el armado del cilindro y su acople con sus líneas de entrada y salida dentro del mecanismo de dirección de la motoniveladora 140H.

Posteriormente, se prosiguió con la reparación del giro de la tornamesa de la motoniveladora. Se detectó por color, ruido y olor que la falla del giro, cuya velocidad era baja para los estándares y con poco torque, eran las placas de ajuste de la tornamesa cuyo trabajo primordial es que el giro de la tornamesa fluya de manera constante y que la tornamesa con la estructura que la sujeta no genere fricción entre dos capas de acero. En la ilustración 63 se muestra la tornamesa de la motoniveladora 140H



Ilustración 63: Tornamesa giratoria con su hoja vertedera

Fuente: realizada por autor

Para poder cambiar las placas de ajuste, fue necesario separar un aproximado de 10cm la tornamesa del resto de la estructura con una palanca de fuerza. Cabe mencionar que, por falta de la herramienta adecuada para separación de tornamesa la cual se encontraba fuera del taller, se utilizó una palanca de fuerza con todas las medidas de seguridad posibles. Hay un conjunto de seis placas de ajuste distribuidas en la circunferencia de la estructura que soporta la tornamesa. Estas 6 placas de ajustes van acopladas por 3 pernos cada una, indispensables para su ajuste y posición dentro de la estructura. En la ilustración 64 se muestran qué estructuras se separaron, con una flecha verde y otra azul correspondiente a la tornamesa, con la palanca de fuerza para que, luego de quitar los 3 pernos correspondientes a cada una circulados con rojo, cada placa de ajuste gastada pudiera extraerse y reemplazarla por una nueva.



Ilustración 64: Parte inferior de tornamesa de motoniveladora 140H

Fuente: realizada por autor

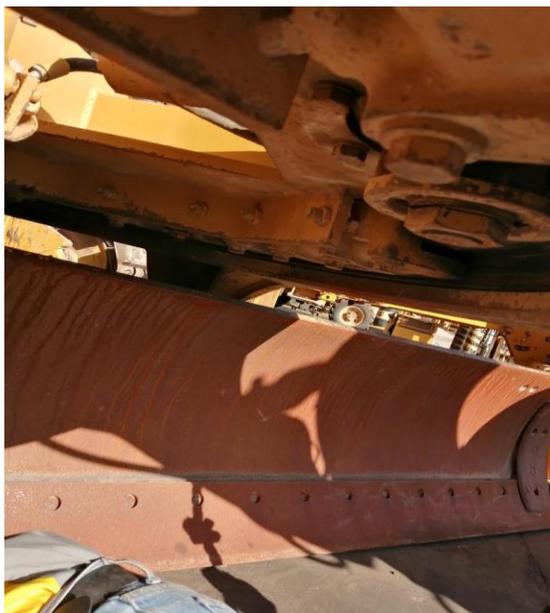


Ilustración 65: Parte inferior de tornamesa de motoniveladora 140H

Fuente: realizada por autor

Luego de separar la estructura de soporte de la tornamesa, la tornamesa y de quitar los 3 pernos a cada una de las placas de ajuste, se prosiguió a quitarlas y reemplazarlas por nuevas. En la ilustración 66 se muestran las placas gastadas:



Ilustración 66: Placas de ajuste en mala condición por exceso de uso

Fuente: realizada por autor

Se realizó cada uno de los cambios a la motoniveladora 140H reparando el cilindro hidráulico con su fuga y reemplazando las placas de ajuste ala tornamesa de giro. Con la reparación, la motoniveladora se probó y se corroboró que todo estuviese bajo control y estándares de trabajo que Caterpillar exige para una motoniveladora 140H en operación.



Ilustración 67: Motoniveladora 140H con operación normal luego de reparaciones

Fuente: realizada por autor.

4.4 DESACOPLE Y DETECCIÓN DE ERRORES DE BOMBA HIDRÁULICA DE PISTONES DE UNA EXCAVADORA 336D2L

4.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consistió en el desacople y detección de errores de la bomba hidráulica de pistones de una excavadora 336D2L. La excavadora presentaba errores de movimiento en todo el sistema hidráulico del brazo de excavación tanto como en el movimiento de cadenas u orugas. Además, dentro de la bomba, se detectaban sonidos anormales al momento de operación. Las excavadoras no poseen un sistema de transmisión de engranes, por lo que todo su movimiento proviene de la bomba hidráulica de pistones acoplada directamente al motor.

4.4.2 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

La primera tarea consistió en lavar y posicionar la excavadora de tal manera que fuera más fácil todo el procedimiento del desacople de la bomba.



Ilustración 68: Lavado y posicionamiento de excavadora

Fuente: realizada por autor

Una vez posicionada correctamente la excavadora, se prosiguió al desacople de todas la líneas hidráulicas que salían de la bomba a todo el resto del sistema hidráulico.

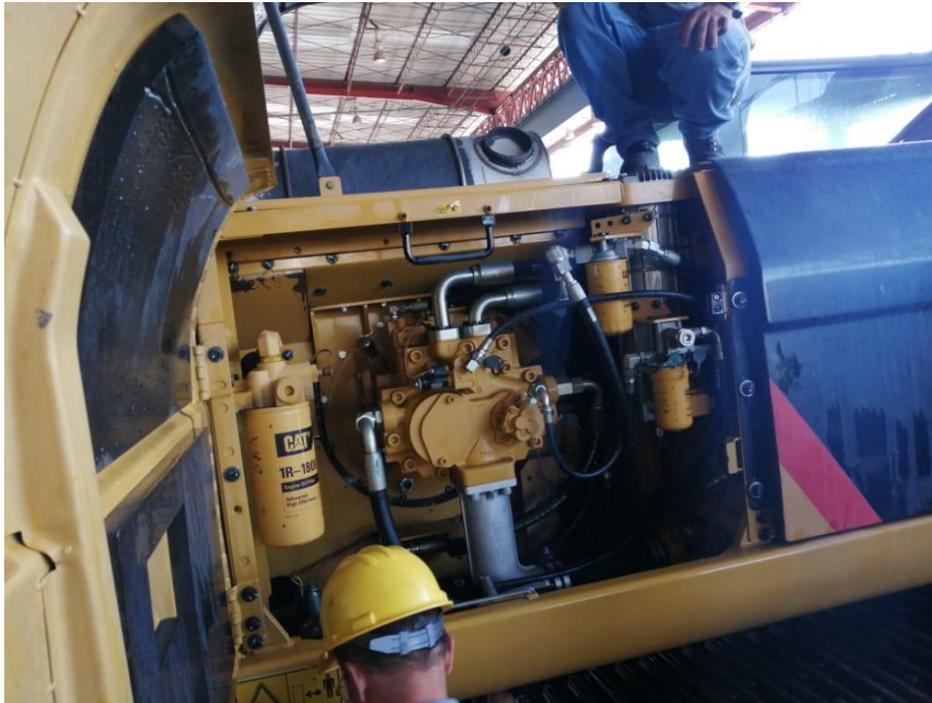


Ilustración 69: Bomba hidráulica de pistones

Fuente: realizada por autor



Ilustración 70: Desacople de líneas hidráulicas de bomba de pistones

Fuente: realizada por autor



Ilustración 71: Desacople de líneas hidráulicas de bomba de pistones

Fuente: realizada por autor

Teniendo todas las líneas hidráulicas desacopladas y con su tapón Caterpillar para evitar derrames y fugas, se prosiguió al desacople de todos los pernos que sujetaban la bomba al motor y al chasis de la excavadora. Con los pernos fuera de su lugar, se colocó una eslinga para elevación alrededor de la bomba junto a cadenas que estaban sujetas al teche eléctrico de capacidad de 15,000 lbs para poder levantar la bomba y desacoplarla por completo. En las ilustraciones 72, 73 y 74 se muestra el proceso y el personal adecuado para este procedimiento ya que pudo ser peligroso.



Ilustración 72: Bomba hidráulica sujeta con eslinga para elevación junto a tecla eléctrica

Fuente: realizada por autor



Ilustración 73: Desacople de bomba hidráulica de pistones

Fuente: realizada por autor



Ilustración 74: Desacople de bomba hidráulica de pistones

Fuente: realizada por autor

Una vez posicionada la bomba en una mesa especial de desarmado, se prosiguió al desarmado total de la bomba desacoplando todos los pernos que la bomba poseía para unión de sus partes. Teniendo desarmada la bomba, se empezó a extraer cada elemento dentro de la bomba para una inspección minuciosa para poder ver cuál era el error que esta bomba poseía. El proceso se muestra en las siguientes ilustraciones:



Ilustración 75: Bomba puesta en mesa de desarmado

Fuente: realizada por autor



Ilustración 76: Desarmado de bomba hidráulica de pistones

Fuente: realizada por autor



Ilustración 77: Desarmado de bomba hidráulica de pistones

Fuente: realizada por autor



Ilustración 78: Desarmado de bomba hidráulica de pistones

Fuente: realizada por autor

En la siguiente ilustración se puede ver cómo están constituidos los pistones dentro de dos tambores giratorios responsables de mandar el aceite a presión a unos 1000psi a todo el sistema hidráulico de la excavadora.



Ilustración 79: Tambores giratorios con pistones de presión

Fuente: realizada por autor

Cada tambor posee un ángulo de inclinación que se controla con dos actuadores, lo cual permite que un grupo de pistones contraigan aceite y, mediante el giro de los tambores, manden aceite a presión donde el operador de la excavadora requiera.



Ilustración 80: Actuadores responsables de la inclinación de los tambores de pistones

Fuente: realizada por autor



Ilustración 81: Superficie de inclinación de los tambores

Fuente: realizada por autor

Cuando se desarmó toda la bomba, se empezó a inspeccionar parte por parte como se muestra en la ilustración:



Ilustración 82: Elementos internos de la bomba hidráulica de pistones

Fuente: realizada por autor



Ilustración 83: Platos de inclinación para tambores y eje giratorio de tambor

Fuente: realizada por autor

Inspeccionando cada pieza antes detallada, se pudieron encontrar restos de virutas o residuos de metal correspondiente a alguna cámara de algún pistón dentro del tambor giratorio. Se prosiguió a examinar cada cámara de cada tambor y se pudo encontrar una fractura en una de las cámaras de pistones como se muestra en la ilustración 84:



Ilustración 84: Fractura de cámara de pistón en tambor giratorio

Fuente: realizada por autor

Este tipo de fracturas suelen ser las fallas principales de las bombas hidráulicas de pistón y suelen presentarse por exceso de trabajo de la máquina sin seguir los protocolos de operación, por parte del operador, de Caterpillar. Las virutas o restos del metal también se encontraron en la parte inferior de la bomba, es decir, en la carcasa donde el aceite se almacena dentro de la bomba cuando ésta no trabaja. Se prosiguió a limpiar toda la carcasa y a sacar cada viruta o residuo de metal de todo el sistema. En la ilustración 85 se muestran algunos de los residuos:



Ilustración 85: Residuos de metal por parte de cámara de pistón fracturada

Fuente: realizada por autor

Era la segunda vez que fallaba ésta bomba por la misma razón, según registros de CEMCOL, y por determinación del jefe encargado de todo el proceso de la excavadora, la bomba fue descartada totalmente sin oportunidad de reparación para cumplir con garantías brindadas al cliente. Por tanto, se pidió una bomba de pistones totalmente nueva para la excavadora cuyo proceso de envío y recibido serán dentro de dos meses.

4.5 DESARMADO Y CORRECCIÓN DE ERRORES DE BOMBA DE ENGRANES DE UNA TRANSMISIÓN DE UN CARGADOR DE CADENA D6R

4.5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consistió en la reparación de una bomba de engranes de transmisión de un cargador de cadena D6r. La bomba llegó al taller de servicios técnicos de CEMCOL, por lo cual, no hubo que desmontarla del cargador de cadena. La bomba se desarmó, se inspeccionó, se detectaron errores, se repararon errores y se ensambló de nuevo para que pudiera ser llevada al cargador de cadena que se encontraba en un trabajo minero.

4.5.2 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

El primer paso consistió en lavar y limpiar la bomba con agua y gas ya que la bomba venía percutida de tierra y lodo. Luego, se prosiguió al desacople de pernos. La bomba se muestra en las ilustraciones 86, 87 y 88:

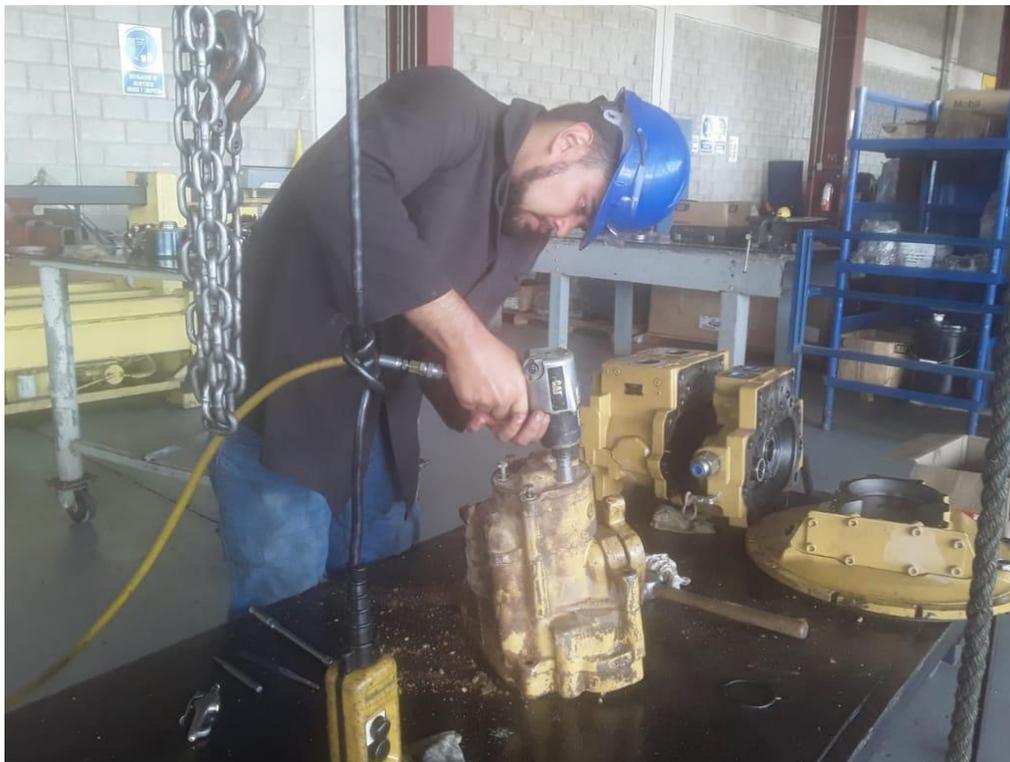


Ilustración 86: Desacople de pernos de bomba con pistola neumática

Fuente: realizada por autor



Ilustración 87: Bomba de engranes de cargador de cadena D6r

Fuente: realizada por autor



Ilustración 88: Bomba lista para ser desarmada

Fuente: realizada por autor

Esta bomba consiste de un par de ejes con engranes que impulsan el aceite hidráulico hacia la caja de transmisión de engranes del D6r. La función principal de ésta bomba es lubricar la transmisión del cargador de cadena, evitando sobrecalentamiento de la caja de transmisión por la cantidad de torque y trabajo que ésta experimenta en operación. En el proceso de desarmado, se buscaba desacoplar todos los empaques y también se examinaron todos los juegos de engranes con sus respectivos ejes.



Ilustración 89: Proceso de desarmado de bomba de engranes

Fuente: realizada por autor



Ilustración 90: Proceso de desarmado de bomba de engranes

Fuente: realizada por autor

Teniendo todas las piezas separadas, se examinó una a una con lupas especiales para saber el estado de los engranes impulsores y los ejes donde éstos van acoplados.

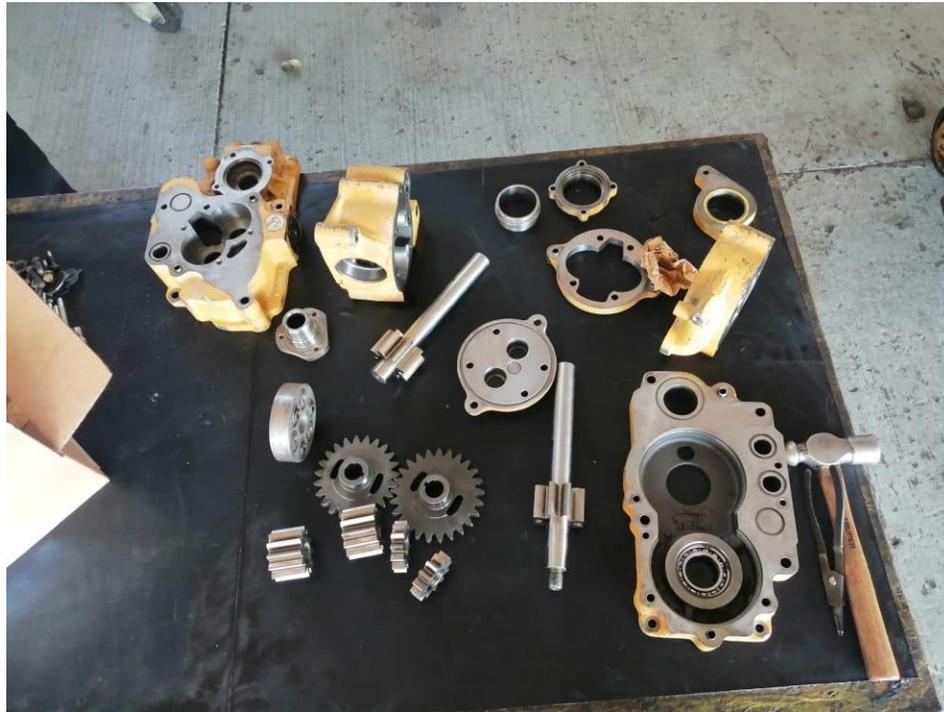


Ilustración 91: Desarmado total de bomba de engranes

Fuente: realizada por autor

Mediante la inspección, se determinaron las fallas que presentaba la bomba de engranes. Una de las fallas era uno de los rodamientos, como se muestra en la ilustración 91 al lado derecho, que presentaban fracturas en toda su estructura. Éstos rodamientos sirven para el giro continuo de los ejes de engranes. Otra de las fallas se encontraba en los bujes de aluminio que están entre los ejes y la estructura de acero de la bomba. Estos bujes de aluminio permiten la difusión de altas temperaturas por fricción impidiendo el contacto directo de los ejes con el acero. En la ilustración 92 se muestran los sellos y como éstos se cambiaron.



Ilustración 92: Cambio de bujes de aluminio de los ejes de engranes

Fuente: realizado por autor

Teniendo rodamientos y bujes de aluminio de ejes de engranes nuevos puestos en su lugar, se prosiguió al ensamble de toda la bomba corrigiendo todos los errores de funcionamiento. Una vez la bomba fue ensamblada con sus pernos, se probó conectándose el eje principal de la bomba a una pistola neumática para probar que todos los ejes giraban de manera normal y sin percances.



Ilustración 93: Bomba lista para ser entregada

Fuente: realizada por autor



Ilustración 94: Bomba lista para ser entregada

Fuente: realizada por autor

4.6 MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MOTORES DIESEL DE CAMIONES INTERNATIONAL, PISTONES HIDRÁULICOS, VÁLVULAS HIDRÁULICAS Y SISTEMAS HIDRÁULICOS DE TRACTORES NEW HOLLAND

4.6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Las actividades rutinarias en el taller de servicios técnicos de CEMCOL consisten en mantenimiento preventivo a todos los equipos mecánicos y eléctricos que ellos proveen. En estas actividades se encuentran los cambios de filtro de aceite y de diesel de motor, aceite de motor, aceite de transmisión, cambio de fricciones, cambio de filtros de aire y reparación de inyectores diesel. También, se encuentran las actividades con sistemas hidráulicos que consisten en mantenimiento a válvulas hidráulicas y cilindros hidráulicos ya sea de tractores New Holland como de camiones International.

4.6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

4.6.2.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MOTORES DIESEL

En estas tareas se aplicó mantenimiento preventivo a motores diesel como DT466 y 7600 de international. El mantenimiento preventivo a estos motores consta de cambios de aceite de motor y de transmisión, cambios de filtros de aceite y de diesel, cambios de filtro de inyección de aire y reparaciones de inyectores de diesel. En las siguientes ilustraciones se muestran las tareas.



Ilustración 95: Motor de camión International DT466

Fuente: realizada por autor



Ilustración 96: Cambio de aceite Mobil 15W-40

Fuente: realizada por autor

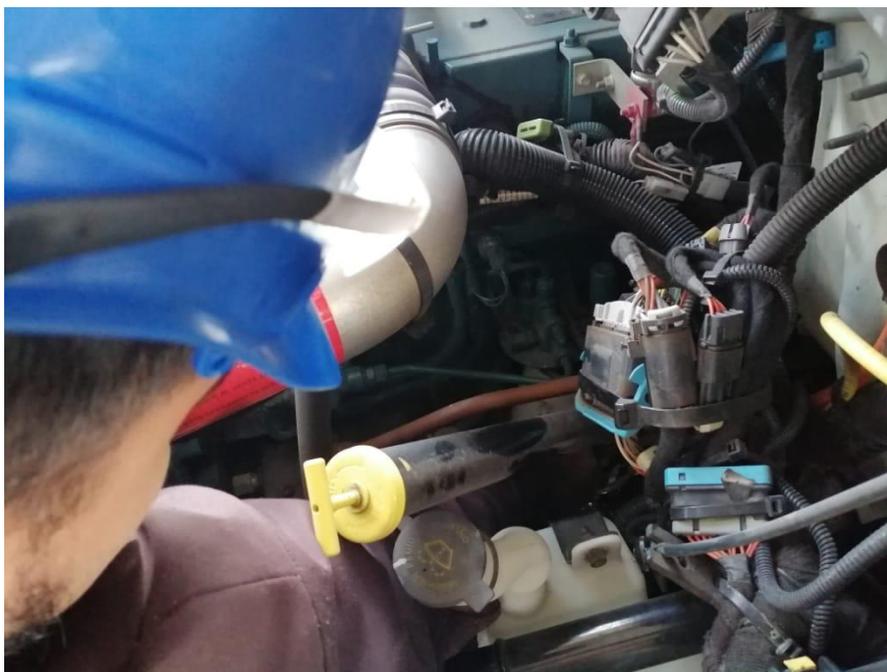


Ilustración 97: Cambio de filtro de diesel

Fuente: realizada por autor



Ilustración 98: Cambio de filtro de diesel

Fuente: realizada por autor



Ilustración 99: Cambio de filtros de inyección de aire

Fuente: realizada por autor



Ilustración 100: Filtros desechos de inyección de aire

Fuente; realizada por autor



Ilustración 101: Cambio de filtro separador de diesel y agua en el sistema

Fuente: realizada por autor



Ilustración 102: Filtro de aceite desechado

Fuente: realizada por autor

También, a la misma clase de motor, se les hizo reparación y mantenimiento de inyectores electrónicos diesel para la cámara de combustión. A los inyectores se les limpió y cambió los sellos que cubren todo el inyector. Posteriormente, se limpia de aceite la cámara de inyección del inyector para evitar mezcla de aceite y diesel en la inyección.



Ilustración 103: Desacople de inyectores de culata de motor DT466

Fuente: realizada por autor



Ilustración 104: Cambio de sellos de inyectores

Fuente: realizada por autor



Ilustración 105: Colocación de inyectores luego de reparación

Fuente: realizada por autor

4.6.2 REPARACIÓN DE VÁLVULA HIDRÁULICA DE CAJA DE TRANSMISIÓN DE UN TRACTOR

NEW HOLLAND

En estas tareas se reparaban válvulas de aceite hidráulico para la caja de transmisión de un tractor agrícola New Holland. Estas válvulas son necesarias para que todo el sistema de la caja de transmisión de un tractor New Holland pueda funcionar a conjunto a la marcha puesta por el operador. Se reparan cambiando sellos y empaques o, simplemente, limpiándolas de obstrucciones por lodo o tierra.



Ilustración 106: Válvula distribuidora de aceite hidráulico para caja de transmisión de un tractor New Holland

Fuente: realizada por autor



Ilustración 107: Desarmado de Válvula Hidráulica

Fuente: realizada por autor



Ilustración 108: Vaciado de aceite hidráulico para limpieza

Fuente: realizada por autor

4.6.2.3 REPARACIÓN DE CILINDRO HIDRÁULICO DE VOLQUETA INTERNATIONAL

Esta tarea se desarrolló durante varios días dentro de las 8 semanas. Se le dio mantenimiento al cilindro hidráulico responsable del levantamiento de caja de volqueta porque presentaba algunas fallas en su desplazamiento. El cilindro se desmontó de la volqueta, se desarmó, se arregló y se volvió a acoplar a la volqueta luego de haberse arreglado.



Ilustración 109: Volqueta con su cilindro hidráulico desplazado

Fuente: realizada por autor



Ilustración 110: Desacople de cilindro hidráulico con eslinga de elevación de la volqueta

Fuente: realizada por autor



Ilustración 111: Posicionamiento para desarmado de cilindro hidráulico con tacle eléctrico y cadenas

Fuente: realizada por autor



Ilustración 112: Desarmado de cilindro hidráulico de volqueta

Fuente: realizada por autor



Ilustración 113: Desarmado y quitado de sellos de cilindro hidráulico de volqueta

Fuente: realizada por autor



Ilustración 114: Desarmado total de cilindro hidráulico de volqueta

Fuente: realizada por autor

En la ilustración 114 se pueden ver los vástagos que contiene todo el cilindro, cada vástago fue lijado con lija grano 80 para metal para pulir su superficie de imperfecciones por óxido. También, fueron cambiados todos los sellos de cada vástago, garantizando el flujo de aceite hidráulico a presión a trabajar de la mejor manera. Para finalizar, se armó todo el cilindro de nuevo y se acoplo a la volqueta international para estar lista para despacho.

4.6.2.4 REPARACIONES DE CILINDROS HIDRÁULICOS

Fue la tarea que más se realizó durante las 8 semanas de trabajo en el taller de servicios técnicos de CEMCOL. Se reparaban toda clase de cilindros hidráulicos de cualquier máquina que necesitara los cilindros funcionando de manera óptima. Cada cilindro se lavaba con gas anticontaminante y antioxidante, se desmontaban, se desarmaban y se les cambiaban todos los sellos de los vástagos y barriles de los cilindros. En las siguientes ilustraciones se muestran algunos de estos procesos.



Ilustración 115: Desmontaje y reparación de cilindro hidráulico

Fuente: realizada por autor



Ilustración 116: Desmontaje y reparación de cilindro hidráulico

Fuente: realizada por autor

4.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Se adjuntará una tabla para descripción de cada actividad en orden numérico. Luego, se adjuntará un diagrama de Gantt con el número de actividad correspondiente a la primera tabla.

Tabla 1. Descripción de actividades con orden numérico

Actividad 1:	Desacople de Transmisión de un remolcador de madera Skidder 525
Actividad 2:	Reparación de junta giratoria central y de cojinete de giro de tornamesa de una excavadora 322 BL
Actividad 3:	Reparación de cilindro hidráulico de ruedas delanteras y cambio de placas de ajuste de tornamesa de una Motoniveladora 140H
Actividad 4:	Desacople y detección de errores de bomba hidráulica de pistones de una excavadora 336D2L
Actividad 5:	Desarmado y corrección de errores de bomba de engranes de una transmisión de un cargador de cadena D6r
Actividad 6:	Mantenimiento preventivo a motores diesel
Actividad 7:	Reparación de válvula hidráulica de caja de transmisión de un tractor New Holland
Actividad 8:	Reparación de cilindro hidráulico de volqueta International
Actividad 9:	Reparaciones de cilindros hidráulicos
Actividad 10:	Incapacidad médica por golpe

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

- Se conocieron todas las diferentes clases de equipos que CEMCOL contiene en su taller. Teniendo conocimiento técnico de los equipos, como estudiante de mecatrónica, se implementaron los conocimientos para soporte técnico en todos los equipos que llegaban al taller para reparación o mantenimiento.
- Se comprendió los tipos de errores y mal funcionamientos que puede tener un motor de combustión interna, aprendiendo a repararlos por medio de protocolos Caterpillar e International. También, se comprendió el uso de herramientas necesarias para la reparación de motores de combustión interna, en su mayoría, motores diesel.
- Se analizó diferentes clases de transmisiones de potencia de motores de combustión interna para equipo pesado, comprendiendo a desármalas, analizarlas para errores, repararlas y ensamblarlas bajo protocolos de Caterpillar.
- Se comprendió el funcionamiento de bombas hidráulicas aplicadas a motores de combustión interna y transmisiones de potencia. También, se comprendió el trabajo realizado por todo el sistema hidráulico que una máquina Caterpillar, International y New Holland pueda tener. Teniendo este conocimiento, se aprendió a detectar errores que estas bombas o estos sistemas hidráulicos puedan tener para reparaciones o mantenimiento.
- Se aplicaron todos conocimientos de mecánica industrial adquiridos durante la carrera de ingeniera en mecatrónica. Los conocimientos aplicados se basaron en el conocimiento de cursos y clases impartidas de mecanismos, termodinámica, máquinas y herramientas.

CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES

- Como primera experiencia en un taller de servicios técnicos de equipo pesado, se encuentran percances que se provocaron por falta de experiencia en este rubro. Se recomienda, principalmente a alguien con poca experiencia, a siempre utilizar todos los protocolos de protección que brinda una seguridad industrial adecuada para un taller de servicios técnicos. Así, se reducen o se evitan accidentes que pueden ser peligrosos y muy nocivos para la salud física del cuerpo humano. También, como practicante, se recomienda a siempre pedir información extra sobre una tarea a realizar para tratar de minimizar al máximo cualquier tipo de error ya que un error pequeño, en estas clases de equipos, puede significar una gran pérdida en el trabajo del proyecto de reparación o mantenimiento del equipo.
- En el taller de CEMCOL se podrían aplicar sistemas autónomos para los tecles eléctricos de carga pesada. Hay un teclé grande que cubre todo el taller con una capacidad de levantamiento de peso de 15,000 libras. También, hay 8 tecles más pequeños con capacidades de levantamiento de peso de 1,000 libras. Estos tecles se controlan mediante pulsadores conectados a ellos mediante un cable eléctrico. Se puede recomendar a CEMCOL el proceso autónomo mediante módulos de señal inalámbrica para mantener el uso de los tecles por medio de un control remoto para mantener un mayor orden en el taller con los tecles eléctricos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Caterpillar. (30 de Enero de 2020). *Caterpillar*. Obtenido de <https://www.caterpillar.com/en/company.html>
2. Caterpillar. (30 de Enero de 2020). *Caterpillar*. Obtenido de https://www.cat.com/es_US/products/new/equipment/excavators/large-excavators/227227255575189.html
3. CEMCOL. (30 de Enero de 2020). *CEMCOLCAT*. Obtenido de <https://www.cemcolcat.com/>
4. Chusin, E. O. (Marzo de 2008). *Mantenimiento Industrial* . Obtenido de Ilustrados: www.ilustrados.com
5. Díaz, F. (2020). *Ingeniero en Deteccion de Errores y Mantenimiento de Equipo Pesado: CEMCOL*. Tegucigalpa: Unitec.
6. Esteban Dominguez, J. F. (2008). *Sistemas de Transmisión y Frenado*. Madrid: Editex.
7. Fernandez, F. J. (2005). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. Madrid: Fundación Confemetal.
8. Julián Pérez Porto, A. G. (2015). *Definición De*. Obtenido de <https://definicion.de/tractor/>
9. Mercas, S. (Diciembre de 2018). *corporación mexicana de casetas*. Obtenido de <https://comeca.com.mx/senalizacion-de-seguridad-industrial/>
10. Nova, L. (2016). *maquinariaspesadas.org*. Obtenido de MANUAL DE SERVOTRANSMISIÓN DE CONTRAEJE – COMPONENTES Y LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS: <https://www.maquinariaspesadas.org/blog/2870-manual-servotransmision-contraeje-componentes-localizacion-averias>
11. Rafael Braun, M. P. (2005). *MOTORES DIESEL: TECNOLOGÍAS PARA SU FUTURO* . Obtenido de [amazonaws: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34205420/MOTORES_DIESEL_TECNOLOGIAS_PARA_SU_FUTURO.pdf?response-content-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34205420/MOTORES_DIESEL_TECNOLOGIAS_PARA_SU_FUTURO.pdf?response-content-)

disposition=inline%3B%20filename%3DMOTORES_DIESEL_TECNOLOGIAS_PARA_SU_FUTUR.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAI

12. Roberto Laborda Grima, D. L. (2005). *MANUAL DE SEGURIDAD Y SALUD PARA OPERACIONES EN TALLERES MECÁNICOS Y DE MOTORES TÉRMICOS*. Obtenido de [sambul.webcindario](https://sambul.webcindario.com/DeAngel/automocion/Trabajo%20sintesi_archivos/manualmecanica.pdf):
https://sambul.webcindario.com/DeAngel/automocion/Trabajo%20sintesi_archivos/manualmecanica.pdf
13. Rodríguez, S. (Enero de 2020). *Ceupe*. Obtenido de Centro Europeo de Postgrado:
<https://www.ceupe.com/blog/que-es-un-generator-electrico.html>
14. Seas. (4 de Marzo de 2015). *BlogSeas*. Obtenido de https://www.seas.es/blog/disenio_mecanico/el-engranaje-epicicloidal-y-aplicaciones/