



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**PROPUESTA PARA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A
MONTACARGAS PROPIEDAD DE LA EMPRESA FFACSA**

Héctor Francisco Vela Alvarez

Asesorado por la Inga. Claudia Sucelly Vela Alvarez

Guatemala, septiembre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A
MONTACARGAS PROPIEDAD DE LA EMPRESA FFACSA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

HÉCTOR FRANCISCO VELA ALVAREZ

ASESORADO POR LA INGA. CLAUDIA SUCELLY VELA ALVAREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres
EXAMINADOR	Ing. Carlos Snell Chicol Morales
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA PARA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MONTACARGAS PROPIEDAD DE LA EMPRESA FFACSA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 2 de marzo de 2020.



Héctor Francisco Vela Alvarez

Ingeniero
Gilberto Enrique Morales Baiza
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Morales:

Por este medio hago constar que he revisado y aprobado el trabajo de graduación del estudiante **HÉCTOR FRANCISCO VELA ALVAREZ**, con registro académico **201212866** y CUI **2290 53130 0101**, el cual es titulado: **“PROPUESTA PARA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MONTACARGAS PROPIEDAD DE LA EMPRESA FFACSA”**.

En base a lo anterior, lo someto a su consideración a efecto de continuar con el trámite respectivo, sin otro particular,

atentamente,

Claudia Sucelly Vela Alvarez
Ingeniera Industrial
Colegiado 13,233
ASESORA



Ref.EIM.101.2020

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA PARA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MONTACARGAS PROPIEDAD DE LA EMPRESA FFACSA** desarrollado por el estudiante **Héctor Francisco Vela Alvarez**, con **Reg. Académico No. 201212866** y **CUI 2290531300101**, recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"



Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, junio 2020

Ref.E.I.M.129.2020

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria del trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA PARA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MONTACARGAS PROPIEDAD DE LA EMPRESA FFACSA** del estudiante **Héctor Francisco Vela Alvarez**, DPI **2290531300101**, Reg. Académico **201212866** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Vo./Bo. Ing.

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, septiembre 2020

/aej



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102

DTG. 233.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA PARA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MONTACARGAS PROPIEDAD DE LA EMPRESA FFACSA**, presentado por el estudiante universitario: **Héctor Francisco Vela Alvarez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. **Anabela Cordova Estrada**
Decana



Guatemala, septiembre de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el centro de mi vida y darme la sabiduría para culminar mi carrera.
- Mis padres** Francisco Vela e Isabel Alvarez de Vela, por su amor y apoyo incondicional en todo el trayecto de mi carrera.
- Mi hermana** Sucelly Vela, por ser ejemplo de que los sueños se pueden lograr.
- Mis amigos** Por su valiosa amistad.

AGRADECIMIENTOS A:

FFACSA

Por permitir el desarrollo del presente trabajo de graduación.

**Mis catedráticos de la
Facultad de Ingeniería**

Por compartir sus conocimientos de manera desinteresada.

**Mis amigos de la
Facultad de Ingeniería**

Por su motivación y apoyo en el trayecto de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Descripción de la empresa FFACSA	1
1.2. Misión.....	2
1.3. Visión	2
1.4. Valores.....	2
1.5. Mantenimiento actual a montacargas propiedad de FFACSA.....	2
2. TIPOS DE MANTENIMIENTO	5
2.1. Mantenimiento regresivo	5
2.2. Mantenimiento correctivo	6
2.3. Mantenimiento preventivo	7
2.3.1. Cambios innecesarios.....	8
2.3.2. Problemas iniciales de operación.....	8
2.3.3. Coste en inventarios	8
2.3.4. Mano de obra	9
2.3.5. Mantenimiento no efectuado	9
2.3.6. Reducción de riesgos	9
2.4. Mantenimiento predictivo	9

3.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN MONTACARGAS	13
3.1.	Importancia del mantenimiento preventivo en montacargas.....	14
3.2.	Confiabilidad de equipos	15
3.2.1.	Historial del equipo.....	15
3.3.	Planificación de mantenimiento	16
3.3.1.	Niveles de planeación	17
3.3.1.1.	Nivel de corto plazo	17
3.3.1.2.	Nivel de mediano plazo	18
3.3.1.3.	Nivel de largo plazo	18
3.4.	Influencia del factor humano en el mantenimiento	19
3.5.	Calidad y medio ambiente en el mantenimiento.....	20
4.	PROPUESTA PARA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	21
4.1.	Estimación de costos de mantenimiento	21
4.1.1.	Costo global de mantención (CGM)	21
4.1.1.1.	Costo de intervenciones de mantenimiento (CIM).....	22
4.1.1.2.	Costo de fallas de mantenimiento (CFM).....	24
4.1.1.3.	Costo de almacenamiento de mantenimiento (CAM).....	24
4.1.1.4.	Costo de repuestos (CR).....	24
4.2.	Planificación del trabajo de mantenimiento	25
4.2.1.	Planificación de lo que se realizará	25
4.2.2.	Planificación de cómo se realizará	26
4.3.	Presupuesto del trabajo de mantenimiento	26
4.4.	Sistema de mantenimiento periódico	26
4.5.	Ítems de trabajo de mantenimiento.....	29
4.5.1.	Cada 10 horas de trabajo	29

4.5.2.	Cada 50 horas de trabajo	49
4.5.3.	Cada 200 horas de trabajo	54
4.5.4.	Cada 600 horas de trabajo	65
4.5.5.	Cada 1 200 horas de trabajo	71
4.5.6.	Cada 2 400 horas de trabajo	76
4.6.	Datos del servicio de mantenimiento	79
4.6.1.	Lubricantes	79
4.6.2.	Piezas de reemplazo periódico.....	81
4.7.	Control de inventario	84
4.7.1.	Beneficios de ejercer un buen control de inventario	84
4.7.2.	Costos de inventario	85
5.	CONTROL DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO	87
5.1.	Resultados obtenidos	88
5.2.	Sistema de control de programa de mantenimiento.....	88
5.2.1.	Recopilación de datos sobre fallas y reparaciones frecuentes	89
5.2.2.	Historial de equipo	89
5.3.	Contabilidad de costos de mantenimiento.....	90
5.4.	Índice de confiabilidad	91
5.5.	Capacitación	92
5.5.1.	Capacitación en planta	92
5.5.2.	Capacitación fuera de planta	93
	CONCLUSIONES	95
	RECOMENDACIONES	97
	BIBLIOGRAFÍA.....	99
	ANEXOS	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Niveles de planeación	17
2.	Costo global	22
3.	Curva de la tina.....	27
4.	Inspección de fuerza en pernos de neumáticos	29
5.	Inspección de labor de neumáticos	30
6.	Presión de neumáticos	31
7.	Protector de cabina.....	31
8.	Poste del protector de cabina.....	32
9.	Depósito de líquido de frenos.....	33
10.	Niveles de batería.....	33
11.	Nivel de refrigerante	34
12.	Varilla de nivel aceite de motor	35
13.	Nivel de aceite de motor.....	35
14.	Luces frontales	36
15.	Luces traseras	36
16.	Nivel de aceite hidráulico	37
17.	Horquillas y topes	38
18.	Elevación de horquilla	39
19.	Espesor de horquilla.....	40
20.	Respaldo de carga.....	41
21.	Cadena de carga	42
22.	Tensor de cadena.....	42
23.	Freno de aparcamiento	43

24.	Pedal de embrague	44
25.	Pedal de freno.....	45
26.	Pedal de accionamiento	46
27.	Mástil de carga.....	47
28.	Volante de dirección	48
29.	Revisión de faja de ventilador	49
30.	Ajuste de tensión en faja	50
31.	Drenado del filtro de diésel.....	51
32.	Cebado de filtro de diésel.....	52
33.	Tapón de ventilación.....	53
34.	Liberación de aire en filtro de diésel	54
35.	Ventilador.....	55
36.	Extracción del filtro de aire	56
37.	Limpieza del filtro de aire.....	57
38.	Nivel de electrolito	58
39.	Nivel de diferencial	59
40.	Lubricación de cadenas de carga	60
41.	Puntos de graseras.....	61
42.	Tapón de drenaje de aceite.....	62
43.	Ubicación del filtro de aceite	63
44.	Filtro de aceite	64
45.	Tapa de llenado de aceite	65
46.	Cambio de filtro de diésel.....	66
47.	Pines de soporte.....	67
48.	Soporte de mástil.....	68
49.	Válvulas de admisión y escape	69
50.	Pines de giro del muñón de rueda	70
51.	Pines centrales del muñón de rueda.....	71
52.	Alternador.....	72

53.	Motor de arranque	73
54.	Elementos del sistema hidráulico.....	74
55.	Filtro de retorno hidráulico.....	75
56.	Tapón de llenado de hidráulico	75
57.	Varilla de nivel de hidráulico.....	76
58.	Depósito de líquido de frenos.....	77
59.	Mangueras del radiador.....	78
60.	Tapón del radiador.....	79
61.	Temperatura de trabajo de lubricantes	81
62.	Piezas de reemplazo periódico	82

TABLAS

I.	Torque en los neumáticos	30
II.	Espesor de horquilla.....	40
III.	Lista de lubricantes.....	80
IV.	Piezas de reemplazo periódico	83

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
m	Metro
mm	Milímetro
in	Pulgada
ft	Pie
N-m	Newton metro
kgf-m	Kilogramo fuerza sobre metro
lbf-ft	Libra fuerza sobre pie
T	Toneladas

GLOSARIO

Cilindro de carga	Mecanismos que constan de un cilindro dentro del cual se desplaza un émbolo o pistón, y que transforma la presión de un líquido mayormente aceite en energía mecánica son actuadores mecánicos que son usados para dar una fuerza a través de un recorrido lineal.
Convertidor de torsión	Dispositivo hidrodinámico utilizado para transmitir potencia del motor a la transmisión y ruedas.
Diferencial	Elemento mecánico que permite a las ruedas derecha e izquierda girar a distinta velocidad.
Drenado	Extraer fluidos acumulados en una cavidad.
Electrolito	Solución de ácido sulfúrico diluido con agua destilada, actúa como conductor para transportar los iones entre placas cuando la batería se carga o descarga.
Faja	Cinta o correa de transmisión de dos o más ruedas que accionan un eje.

<i>Flushing</i>	Técnica usada para la limpieza preoperacional de circuitos que contienen aceites, ya sean de lubricación, refrigeración o de calefacción.
Horquilla	Pieza metálica que sostiene la carga.
Mástil	Conjunto de canales y pistones que elevan la carga mediante el desplazamiento de las horquillas.
Muñón	Pivote del eje de rueda.
Procedimiento	Secuencia cronológica de actividades requeridas para realizar una acción.
<i>Switch de arranque</i>	Interruptor que da acción a los mecanismos que integran el encendido al motor.

RESUMEN

El mantenimiento preventivo es importante para mantener en condiciones óptimas y alargar la vida útil de los montacargas. Por lo tanto, es vital llevar un programa de mantenimiento periódico y programado adecuadamente según las necesidades de los equipos, con el fin de conocer el estado actual, realizar los trabajos necesarios y así garantizar su buen funcionamiento al momento de ser requeridos.

El desarrollo de un programa de mantenimiento tiene como objetivo principal el establecimiento de un historial de máquina para aportar información al departamento de mantenimiento y establecer un control de las unidades. Esto servirá de fundamento para la toma de decisiones, es decir, las fallas repetitivas de un equipo deberán documentarse en el historial para que, en ocasiones futuras o cuando se requiera, se cuente con la experiencia histórica propia de cada máquina o modelo. Esto facilitará tomar la decisión de reparar, reconstruir o reemplazar la unidad.

Es indispensable que el mantenimiento y la utilización de dicho equipo sea la más adecuada para alargar la vida útil de estos. Con ello, se evitarán fallas por mal manejo. Por tanto, el personal de mantenimiento y el que opera las unidades deben recibir capacitación constante y calificada. De esta manera, cualquier falla o necesidad de mantenimiento se reportará y tratará oportunamente. Así se evitarán fallos en los equipos, tiempos muertos por paro de estos e, incluso, se evitará que las operaciones se detengan y generen pérdidas.

OBJETIVOS

General

Proponer un plan de mantenimiento preventivo a montacargas propiedad de la empresa FFACSA.

Específicos

1. Determinar los problemas técnicos más comunes, a través de un análisis de fallas recurrentes.
2. Aportar información sobre planes de mantenimiento a maquinaria industrial.
3. Establecer un plan de mantenimiento preventivo para los montacargas.
4. Brindar las recomendaciones necesarias para el correcto uso de los equipos.

INTRODUCCIÓN

Los montacargas son herramientas de transporte de suma importancia para la industria, ya que permiten la movilización y carga de materiales dentro de las operaciones de una empresa. El mantenimiento garantiza la disponibilidad de los equipos y el buen funcionamiento para utilizarse con un rendimiento óptimo sobre la inversión. El trabajo de mantenimiento es importante ya que, a medida que avanza la tecnología, el mantenimiento de los equipos es más complejo. Los costos en las operaciones de una industria se ven afectados ante la falta de un programa de mantenimiento preventivo. Esto mismo genera paros de emergencia ocasionados por fallas en los montacargas, bajo rendimiento del equipo, costos altos de reparación, mal manejo de control de los costos. El trabajo de mantenimiento preventivo debe considerarse cómo parte primordial de la operación para mantener en óptimas condiciones los equipos, alargando la vida útil de ellos, reduciendo los costos de operación y optimizando las tareas que realizan, por lo que se propone un plan de mantenimiento preventivo para los montacargas con técnicas administrativas en las que puede apoyarse el trabajado de mantenimiento con el fin de mantener la trazabilidad del estado de los equipos , como la organización por medio de control de costos e inventarios de forma más efectiva.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Descripción de la empresa FFACSA

Es una empresa guatemalteca que inicio operaciones en el departamento de Chimaltenango en 1979, con la fábrica de block y pisos artesanales con el nombre de Ferretería San Luis. En el año 1998 cambio su nombre a FFACSA.

Ferretería San Luis inició produciendo block de adobe y después de varios sismos notaron que el material fabricado no era resistente ni adecuado para la construcción. Ante ello, desarrollaron materiales con mayor resistencia, por lo que nace FFACSA cuya expectativa era satisfacer las necesidades de materiales de construcción por medio de los productos de concreto.

La sede central está ubicada en el departamento de Chimaltenango desde donde se dirigen las operaciones a las sucursales. FFACSA cuenta con 18 puntos de venta y distribución ubicados en Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, Sololá, Quetzaltenango, Totonicapán, Huehuetenango, Quiché, Suchitepéquez, Escuintla, Retalhuleu entre los cuales también poseen 5 plantas de producción donde fabrican todo tipo de productos de concreto, pero predominan los bloques, adoquines, bovedilla y block tipo solera de todas medidas y colores. Los equipos, para la automatización del proceso de las 5 plantas de producción, son de origen europeo.

1.2. Misión

Satisfacer las necesidades de sus clientes con excelencia en productos y servicios, apoyados en innovación tecnológica, permitiendo alcanzar sueños de construcción, remodelación y decoración, suministrando productos ferreteros, generando rentabilidad sostenible y contribuyendo al desarrollo de Guatemala.

1.3. Visión

Ser reconocidos por los guatemaltecos como la mejor opción para adquirir y distribuir productos ferreteros, materiales para construcción y remodelación.

1.4. Valores

- Honestidad
- Compromiso
- Responsabilidad
- Lealtad
- Servicio

1.5. Mantenimiento actual a montacargas propiedad de FFACSA

FFACSA es una empresa en crecimiento, que aún está introduciendo nuevos procesos dentro de su empresa para mejorar la calidad, el servicio y satisfacer las necesidades de sus clientes.

Los montacargas son herramientas necesarias para los procesos de producción y distribución. Deben estar en óptimas condiciones para su disponibilidad inmediata.

La empresa cuenta con un supervisor de mantenimiento entre cuyas funciones está llevar el control del mantenimiento a los montacargas de manera general. Realiza cambios periódicos y repara las fallas que presenten los montacargas. Como consecuencia, es necesario mejorar el plan de mantenimiento y el control del estado de la maquinaria para aumentar su vida útil. Además, se debe contar con su trazabilidad y garantizar el funcionamiento adecuado mediante la reducción de las fallas por el desgaste normal del equipo.

2. TIPOS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento puede ser considerado como un proceso que controla la capacidad de un sistema técnico para prestar servicios, medidas correctivas, adaptación, acciones preventivas. El propósito del mantenimiento es mantener la capacidad de un sistema funcionando en óptimas condiciones.

Actualmente existen varios sistemas para servicio de mantenimiento de las instalaciones en operación. Algunos de ellos no solamente centran su atención en la tarea de corregir los fallos, sino que también tratan de actuar antes de la aparición de estos haciéndolo tanto sobre los bienes, tal como fueron concebidos, como sobre los que se encuentran en etapa de diseño, introduciendo en estos últimos, las modalidades de simplicidad en el diseño, diseño robusto, análisis de su mantenibilidad, diseño sin mantenimiento, entre otros.

Los tipos de mantenimiento que más se utilizan son los siguientes:

- Mantenimiento regresivo
- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo

2.1. Mantenimiento regresivo

El tipo de mantenimiento regresivo es muy antiguo y a la vez poco fiable, ya que no se tiene ningún tipo de previsión de las fallas que puedan darse en

los equipos o maquinarias, tan solo se hace una inspección de funcionamiento sin ningún tipo de diagnóstico el cual deja a criterio del operario la vida del equipo.

Este tipo de mantenimiento no aporta gran beneficio al equipo por lo cual la disponibilidad del equipo se ve en riesgo de un paro de emergencia. La ventaja de este mantenimiento es su costo muy bajo, por lo que representaría un ahorro en el plan de mantenimiento.

2.2. Mantenimiento correctivo

Es el conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados por repuestos, este se realiza cuando aparece el fallo.

Esta modalidad es aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir los fallos, sobre todo, en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier etapa, sin afectar la disponibilidad del equipo. También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad, y es muy riesgoso dar otro tipo de mantenimiento a estos equipos.

La desventaja de este tipo de mantenimiento es que el fallo puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces en el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete el equipo a una mayor exigencia.

Asimismo, fallos no detectados a tiempo, ocurridos en partes cuyo cambio no hubiera representado un costo tan elevado, pueden causar daños importantes

en otros elementos o piezas conexos que se encontraban en buen estado de uso y conservación.

Otro inconveniente de este sistema es que se debe disponer de un capital elevado para contar con un stock de repuesto las cuales serán utilizadas para el reemplazo de las piezas dañadas en la maquinaria.

Este mantenimiento que se realiza luego que ocurra una falla o avería en el equipo que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo, presenta costos por reparación y repuestos no presupuestadas, pues puede implicar el cambio de algunas piezas del equipo en caso de ser necesario, así mismo pueden ocasionar daños a otras piezas que trabajen en conjunto dentro de la maquinaria.

2.3. Mantenimiento preventivo

Es el conjunto de actividades programadas con anticipación, como inspecciones regulares, pruebas, reparaciones, entre otros, encaminadas a reducir la frecuencia y el impacto de los fallos de un sistema.

Es uno de los sistemas más utilizados dentro de la industria ya que, con base en este tipo de mantenimiento puede obtener un mejor índice de confiabilidad del equipo y garantizar el funcionamiento correcto cuando se utilice.

2.3.1. Cambios innecesarios

Cuando un elemento agota su vida útil, debe cambiarse, sin embargo, una vez sustituido, se comprueba que este podría ser utilizado durante un tiempo más prolongado.

En otros casos, al desmontar el equipo, se observa que algunas piezas menores en buen estado, cuyo costo es mínimo, si se considera el desmontaje y montaje de esas piezas cuando sucede alguna falla. Estos cambios son necesarios para prolongar la vida del conjunto. En este caso se lleva a cabo una acción de anticipación del reemplazo o cambio prematuro.

Aprovechar la realización de trabajos en un mantenimiento preventivo antes de llegar al correctivo es una estrategia de planificación que representa un valor agregado a la operación, disminuyendo tiempos muertos entre mantenimientos.

2.3.2. Problemas iniciales de operación

Cuando se desmontan y se montan piezas nuevas, se efectúan las primeras pruebas de funcionamiento, pueden aparecer diferencias en la estabilidad, seguridad o regularidad de la marcha. Esto se debe a que las piezas nuevas necesitan un asentamiento para el buen funcionamiento el cual ocurrirá durante la marcha de la maquinaria.

2.3.3. Coste en inventarios

El coste en inventarios es elevado ya que se necesita de un stock de repuestos permanentes para cualquier emergencia.

2.3.4. Mano de obra

Se necesitará contar con mano de obra intensiva y especializada para períodos cortos, a efectos de liberar el equipo para el servicio lo más rápido posible.

2.3.5. Mantenimiento no efectuado

Si por alguna razón, no se realiza un servicio de mantenimiento previsto, se alteran los períodos de intervención y se produce una degeneración del servicio. Por lo tanto, la planificación para la aplicación de este sistema consiste en:

- Definir qué partes o elementos serán objeto de este mantenimiento.
- Establecer la vida útil de los mismos.
- Determinar los trabajos a realizar en cada caso.
- Agrupar los trabajos según época en que deberán efectuarse las intervenciones.

2.3.6. Reducción de riesgos

Se reducen los riesgos de fallas o paros de emergencia en una manera considerable debido a que la confiabilidad de equipo aumenta al mantenerlo en óptimas condiciones.

2.4. Mantenimiento predictivo

Es el conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico continuo de un sistema, que permiten una intervención correctora inmediata como

consecuencia de la detección de algún síntoma de fallo antes de que este ocurra.

El mantenimiento predictivo se basa en el hecho de que la mayoría de los fallos se producen lenta y previamente, en algunos casos, presentan indicios evidentes de un futuro fallo, o bien mediante la monitorización, es decir, mediante la elección, medición de algunos parámetros que representen el buen funcionamiento del equipo. Estos parámetros pueden ser: la temperatura, la presión, la velocidad, la resistencia eléctrica, los ruidos y vibraciones, la viscosidad, la humedad, presencia impurezas en aceites, el espesor de chapas, el nivel de un fluido, entre otros.

Con este método, tratamos de seguir la evolución y prevención de los futuros fallos.

Este sistema tiene la ventaja de que el seguimiento nos permite contar con un registro del historial de máquina de la característica en análisis, sumamente útil ante fallos repetitivos; puede programarse la reparación en algunos casos junto con los trabajos de mantenimiento periódico, reduciendo las intervenciones de la mano de obra en mantenimiento.

Algunas de las ventajas más importantes son:

- Las fallas se detectan en sus etapas iniciales por lo que se cuenta con suficiente tiempo para hacer la planificación y realizar los trabajos de mantenimiento requeridos durante las acciones correctivas en paros programados, y bajo condiciones controladas que minimicen los tiempos.
- Las técnicas de detección dentro del mantenimiento predictivo son utilizadas en su mayoría durante la operación de maquina a su velocidad máxima en

condiciones extremas.

Uno de los requisitos para aplicar una técnica predictiva es que el fallo incipiente genere señales o síntomas de su existencia, como alta temperatura, ruido, vibración, alto amperaje, entre otras.

3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN MONTACARGAS

Los montacargas o carretillas elevadoras son herramientas especializadas en el levante, transporte y acarreo de todo tipo de cargas pesadas, porque utilizan un sistema hidráulico, el cual transfiere esta potencia por las horquillas o unas, las cuales se ubican debajo de la carga a mover. Son máquinas indispensables para todo tipo de industrias que estén involucradas con el movimiento de mercancías, las cuales por su gran peso y tamaño no podrán ser movidas de un lugar a otro por una o varias personas.

Existen diferentes tipos de montacargas, los manuales, los eléctricos y los de combustión interna. Según sea el tipo de montacargas, varía la capacidad de carga. La altura disponible, tamaño de la máquina, los costos de operación y mantenimiento.

El tipo de montacargas se escoge de acuerdo con las necesidades de carga a mover, el ambiente en el cual se desenvuelven, si es en interior o exterior, la altura a la cual se deben elevar las uñas para guardar o recoger la carga, entre otras características.

La definición de mantenimiento varía de una compañía a otra, dependiendo de las actividades asignadas a su función de mantenimiento. Por lo general, los trabajos de mantenimiento y reparación son realizados luego de que los equipos se descomponen. El trabajo de mantenimiento preventivo ayuda a minimizar fallas extendiendo la vida útil del equipo y herramienta, esto garantiza la disponibilidad de equipo y su buen funcionamiento al momento de ser requerida.

El mantenimiento preventivo tiene como propósito que los equipos se mantengan en óptimas condiciones, para asegurar la disponibilidad total, lo cual se basa en reducir al mismo nivel las fallas que podrían presentarse. El mantenimiento debe procurar un desempeño continuo y operando bajo las mejores condiciones técnicas sin importar las condiciones externas (ruido, polvo, humedad, calor, entre otras.) del ambiente al cual es sometido el equipo al momento de ser operado.

El mantenimiento, además, debe estar destinado a:

- Optimizar la producción del sistema
- Reducir los costos por averías
- Disminuir el gasto por nuevos equipos
- Maximizar la vida útil de los equipos

Los procedimientos de mantenimiento deben evitar las fallas, por cuanto una falla se define como la incapacidad para desarrollar un trabajo en forma adecuada o simplemente no desarrollarlo. Un equipo puede estar fallando, pero no estar dañado, debido que sigue realizando sus tareas productivas, pero no las realiza con la misma capacidad que un equipo en óptimas condiciones.

En cambio, un equipo averiado no podrá desarrollar tareas en ninguna circunstancia, debido a que presenta fallas que le impiden ser operado.

3.1. Importancia del mantenimiento preventivo en montacargas

El montacargas es un equipo de manipulación de carga que, por lo general, opera en turnos de hasta 24 horas continuas. Desarrolla su trabajo

bajo techo o a la intemperie por lo que su desgaste es significativo. Por eso es importante que se verifique su estado de funcionamiento, constantemente.

Constantemente, se deben inspeccionar y monitorear el estado de las piezas internas del montacargas para identificar y eliminar problemas menores que puedan causar una falla en el equipo. También es pertinente identificar las piezas que sufren mayor desgaste para anticiparse a un paro. Como resultado, el montacargas operará con toda su capacidad.

3.2. Confiabilidad de equipos

La confiabilidad es uno de los principales parámetros que se utilizan para administrar las actividades de mantenimiento, estos parámetros ayudan a determinar la disponibilidad de un equipo.

La confiabilidad es la capacidad de un equipo de funcionar sin fallar durante un periodo de tiempo, esta capacidad tiene relación con el estado de conservación. Se puede calcular con diversos métodos, sin embargo, todos ellos requieren que exista una base de información histórica que sea registrada de forma confiable y completa de los equipos.

3.2.1. Historial del equipo

El historial del equipo debe crearse sobre una base histórica de sucesión de eventos, con toda la información relacionada al equipo, un historial debe contener al menos los siguientes datos:

- Identificación del equipo.
- Fecha de ocurrencia del evento.

- Hora de ocurrencia del evento.
- Identificación del evento.
- Relación del evento con otra información que se genere a partir del evento (orden de trabajo).
- Información adicional que describe la situación del equipo al momento de la ocurrencia del evento (operador, turno, ubicación).

3.3. Planificación de mantenimiento

La planificación del mantenimiento es un proceso importante dentro de la industria. Ayuda a organizar eficientemente el equipo para elevar las ideas de dirección y asegurar que las actividades de mantenimiento sean efectivas dentro del presupuesto asignado. Si el departamento de mantenimiento carece de planificación, los equipos generarán problemas. Si se desconoce el estado de cada uno de los equipos es posible que el desempeño se vea afectado.

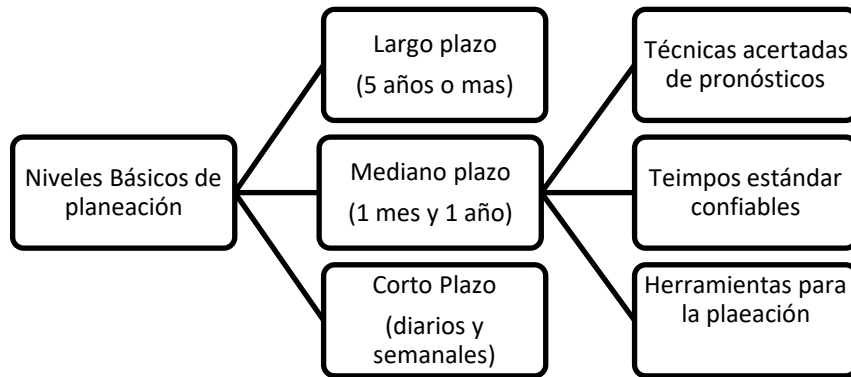
El departamento de mantenimiento debe coordinar su trabajo con el trabajo del departamento de producción para realizar los paros de mantenimiento sin afectar la producción de la industria. La planificación adecuada de los trabajos de mantenimiento coadyuva en que la industria lleve un mejor control de disponibilidad de su equipo para cumplir con los compromisos adquiridos con los clientes y mantener la producción según lo requerido.

Para planificar el mantenimiento de los equipos se deben contemplar los costos de mantenimiento dentro del presupuesto así se evitan los gastos excesivos y fuera del presupuesto.

3.3.1. Niveles de planeación

Los niveles de planeación ayudan a las empresas a llevar un mejor control dentro del departamento de mantenimiento para presupuestar cada actividad, control de tiempos de trabajo, vida útil de los equipos, entre otros.

Figura 1. Niveles de planeación



Fuente: elaboración propia.

Dentro de los niveles de planificación se establecen los mantenimientos correctivo, preventivo, predictivo. El mantenimiento preventivo contempla los niveles de corto y de largo plazo porque ayudan a obtener un mejor control de equipos.

3.3.1.1. Nivel de corto plazo

El nivel de planeación de corto plazo incluye actividades diarias y semanales para llevar un control actualizado del estado de los equipos. Por lo general, se realiza dentro de las actividades diarias del operador de cada

equipo haciendo una inspección visual y revisión general del estado del equipo antes del uso y después de este.

3.3.1.2. Nivel de mediano plazo

Los lapsos recomendables para este nivel de planeación son: mensual, trimestral, semestral o anual. Después de este lapso decrece la confiabilidad de los equipos, ya que el registro no permitiría conocer el estado de cada uno. La base de este tipo de planeación son los reportes del técnico cuando realiza el mantenimiento. En esta revisión da a conocer el estado interno de las piezas, el lapso de vida útil restante y una estimación para programar el tipo de trabajo que se le realizará en el futuro para mantener cada equipo en óptimas condiciones.

3.3.1.3. Nivel de largo plazo

Este nivel de planeación se proyecta en un lapso de 5 años en adelante, siempre que incluya elementos que puedan predecirse con un grado de razonable de certidumbre, tales como:

- Reemplazo de maquinaria
- Reemplazo de vehículos
- Reemplazo de herramienta
- Cambio de personal del departamento de mantenimiento
- Incremento del inventario de herramienta y equipos

Los planes a largo plazo se deben dar a conocer a todos los departamentos de la organización para que se involucren en su cumplimiento. Es importante tomar en cuenta el costo beneficio para la evolución de los

planes, de forma armónica, con toda la organización para evitar inversiones sin retorno que provoquen pérdidas.

3.4. Influencia del factor humano en el mantenimiento

El recurso humano es la herramienta más valiosa e importante en el mantenimiento de equipos. En la actualidad, la mayoría de equipos cuentan con tecnología para llevar a cabo un mejor control de sus procesos, realizar auto ajustes, purgas automáticas y auto limpiezas. La tecnología ha automatizado de tal manera la mayoría de los equipos que el factor humano ha quedado al margen de sus operaciones.

Sin embargo, los equipos cada día son más independientes, necesitan mantenimiento. Para ello, se necesita que los seres humanos apliquen su criterio, ya que, algunas computadoras, no podrán hacerlo. Tampoco pueden elegir el tipo de mantenimiento necesario y el cambio de piezas de desgaste normal.

Las decisiones críticas que el ser humano tomará para el mantenimiento de la maquinaria determinarán la calidad que se obtendrá, el tiempo de trabajo, la programación de los equipos, su uso, entre otros. Es importante tomar en cuenta que, cuando se trabaje con maquinaria la seguridad industrial cobra relevancia porque las máquinas no piensan ni ven lo que el ser humano puede ver. Se deben considerar los riesgos y tomar medidas de seguridad para evitar el paro de maquinaria, el bloqueo de equipos, desenergización de los equipos. Otra medida importante es asegurar los equipos antes de trabajar, entre otros.

3.5. Calidad y medio ambiente en el mantenimiento

La calidad es el conjunto de las características de un producto que satisfacen las necesidades requeridas. En el mantenimiento de equipo la calidad es fundamental debido a que depende del mantenimiento y del estado del equipo para cumplir con la tarea para la cual fue diseñada y obtener la mayor calidad y eficiencia así como reducir los costes y optimizar de mejor manera los recursos.

El tema ambiental es un punto crítico. Todas las industrias luchan para reducir la contaminación ambiental y estimar los recursos naturales. El impacto ambiental durante las últimas décadas ha dañado el planeta, la calidad de vida de los seres humanos y los ecosistemas. Dada la creciente contaminación las compañías han implementado nuevos procesos para contrarrestar la contaminación y salvar el planeta antes de que sea demasiado tarde.

Para reducir la contaminación se evita el uso de combustibles fósiles. Para ello, los equipos funcionan con electricidad generada por sistemas de energía renovable. También se optimiza el manejo y uso de aditivos y lubricantes, entre otros. Un punto crítico del mantenimiento de equipo es el ajuste de su maquinaria para que su funcionamiento sea eficiente y se garantice que el equipo trabajará adecuadamente. Todo ello, coadyuva en la reducción de la contaminación ambiental. Un equipo en óptimas condiciones se desempeña mejor y convierte eficientemente la energía en trabajo. La calibración de los equipos permite autoajustarlos para mantener un estándar de calidad, evitar el uso de energía innecesaria y reducción de la contaminación.

4. PROPUESTA PARA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

4.1. Estimación de costos de mantenimiento

Una de las principales tareas del área de mantenimiento es minimizar los costos de operación dentro de la industria para evitar gastos innecesarios por fallos o paros de emergencia. La estimación de costos es la base administrativa para la dirección efectiva del mantenimiento, en el proceso de predecir los costos antes de realizar el trabajo y poder priorizar tareas.

Para la estimación de costos se debe considerar el presupuesto con el que se cuenta. De esta manera se dará prioridad a los trabajos de mantenimiento, se cumplirá con las necesidades de la industria y se evitará arriesgar las operaciones.

4.1.1. Costo global de mantención (CGM)

Este costo es la suma de cuatro componentes:

- Costo de intervenciones de mantención (CIM)
- Costo de fallas de mantención (CFM)
- Costo de almacenamiento de mantención (CAM)
- Costo de repuestos (CR)

Figura 2. **Costo global**



Fuente. elaboración propia.

4.1.1.1. Costo de intervenciones de mantenimiento (CIM)

El CIM incluye los gastos relacionados con el mantenimiento preventivo y correctivo.

El CIM se puede dividir en:

- Mano de obra interna o externa.
- Repuestos de bodega, o adquiridos para una intervención.
- Materiales requeridos para la intervención.

El costo de mano de obra interna se calcula con el tiempo invertido en la intervención multiplicado por el costo de hora-hombre.

La mano de obra externa se obtiene según los costos establecidos por la tercera parte, o por las HH que fueron requeridas.

- Costo horario

Es importante otorgar un valor realista a los costos horarios de intervención y de horas-hombre pues influyen directamente en el costo global de mantención.

Es común comparar el costo de la mano de obra interna con el de la externa. Sin embargo, los costos internos son castigados por prorrates de costos que existen aun si se contrata mano de obra externa.

Es necesario definir dos costos:

- Costo horario de intervención, que solo incluye gastos directos asociados a las intervenciones.

El costo horario de intervención es:

Costo horario de intervención = (gastos directos) / (total horas de intervención)

Los gastos directos solo incluyen:

- Gastos salariales
 - Contratación de servicios
 - Gastos en material fungible de uso general
 - Gastos de energía ligados a la intervención.
- Costo horario de mantención, considera todos los gastos asociados a mantención.

El costo horario de mantención (CHM) es igual a:

$CHM = (\text{gastos totales de mantención}) / (\text{total horas de intervención})$ Los gastos totales incluyen:

- El conjunto de gastos considerados para el costo de intervención.
- Los salarios de especialistas requeridos para la gestión, planificación.
- Análisis técnicos de las intervenciones.
- El prorrateo de servicios tales como contabilidad, computación, personal.

4.1.1.2. Costo de fallas de mantenimiento (CFM)

Estos costos corresponden a las pérdidas de margen de explotación debidas a un problema de mantención que haya producido una reducción en la tasa de producción de productos en buen estado.

4.1.1.3. Costo de almacenamiento de mantenimiento (CAM)

Este costo representa los gastos incurridos en financiar y manejar el *stock* de piezas de recambio e insumos necesarios para los trabajos de mantención requeridos.

4.1.1.4. Costo de repuestos (CR)

A fin de realizar un análisis técnico económico es necesario distinguir el costo técnico del costo contable:

- El costo técnico corresponde al valor de compra de la pieza al día de su utilización.
- El costo contable corresponde al valor utilizado para valorizar el inventario contable.

No se trata de hacer contabilidad, sino a realizar análisis técnico-económico que permitan reducir el costo global de mantención.

4.2. Planificación del trabajo de mantenimiento

La planificación es el paso previo a la ejecución de los trabajos de mantenimiento por lo cual debe coordinarse con varios departamentos dentro de la industria para evitar retrasos que afectando el rendimiento de la producción.

4.2.1. Planificación de lo que se realizará

Para la planificación se debe realizar una secuencia lógica, tomando en cuenta el presupuesto asignado dentro del departamento de mantenimiento. Se deben priorizar las tareas por realizar de manera que, las operaciones con más necesidad, sean atendidas más rápido, previniendo fallas en las operaciones diarias.

Algunos aspectos para considerar son:

- Priorizar cuales son las tareas críticas
- Analizar los costos de trabajo reduciendo, costo beneficio
- Solicitar por escrito detallando el trabajo y esperar la aprobación del trabajo

4.2.2. Planificación de cómo se realizará

Se refiere a la técnica para realizar el trabajo de mantenimiento propuesto, optimizando los tiempos y los costos, programando las actividades y asignándolas de la mejor manera.

Los aspectos más importantes que debería realizar son:

- Preparación del trabajo, herramientas e insumos
- Ejecución del trabajo
- Supervisión del trabajo, pruebas al equipo

4.3. Presupuesto del trabajo de mantenimiento

El presupuesto para mantenimiento se relaciona con los costos de operación del departamento y de los equipos que conforman la empresa. Representan el costo monetario de operación para que todo funcione acorde con lo planificado.

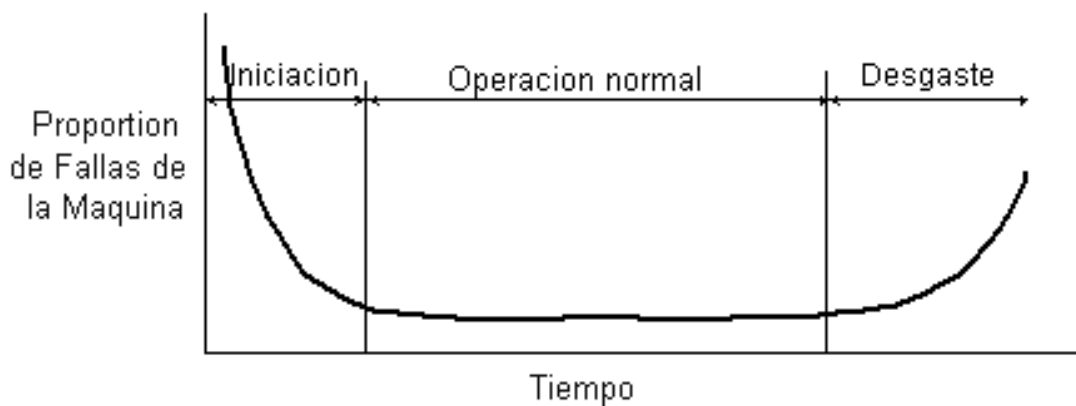
Para correlacionar el área administrativa y el departamento de mantenimiento se utilizan los planes de trabajo donde se representan los costos globales.

4.4. Sistema de mantenimiento periódico

También se le denomina mantenimiento histórico. Consiste en un conjunto de actividades para garantizar el funcionamiento correcto de la maquinaria o del sistema en el tiempo.

En este tipo de mantenimiento se analizan las historias de cada máquina y se programan reacondicionamientos periódicos antes de que ocurran los problemas que se pueden esperar. Se sabe con anterioridad que grupos de máquinas similares tendrán proporciones de fallas predecibles hasta cierto punto, si se toman promedios durante un tiempo largo. Esto produce lo que se conoce como "la curva de tina" que relaciona la proporción de fallas al tiempo de operación de la manera siguiente:

Figura 3. **Curva de la tina**



Fuente: Support. *Mantenimiento periódico preventivo*. <http://support.azimadli.com/vibman-spanish/mantenimientoperiodicopreventivo.htm>. Consulta: mayo de 2020.

Esto ayuda a predecir fallas futuras, adelantarse, prevenir que ocurran y así aumentar la confiabilidad de los equipos en operación y alargar la vida útil de estos.

Los requerimientos para el establecimiento de un sistema de mantenimiento periódico deben conformarse con los elementos siguientes:

- Número de identificación del equipo

Este número de identificación sirve para llevar un control de las unidades y establecer un historial de mantenimiento por equipo. De esta manera se sabrá el estado en que se encuentra cada unidad.

- Ubicación del trabajo de mantenimiento

Es importante describir la ubicación del trabajo para considerar los gastos de transporte, asignación de personal, planificaciones y coordinación con la sede correspondiente.

- Descripción del trabajo a realizar

La descripción de las operaciones que se realizaran durante el trabajo de mantenimiento son vitales para poder solicitar los repuestos e insumos necesarios, tiempos y personal a asignar.

- Orden de trabajo

Una orden de trabajo ayuda a llevar el control de operaciones dentro del departamento de mantenimiento, asignado a cada técnico las tareas correspondientes que debe ejecutar.

- Informe de mantenimiento

El informe detalla las actividades que se realizaron durante el trabajo de mantenimiento. Reporta el estado en el que se encuentra el equipo, fallas, vida útil de los componentes, próximas reparaciones.

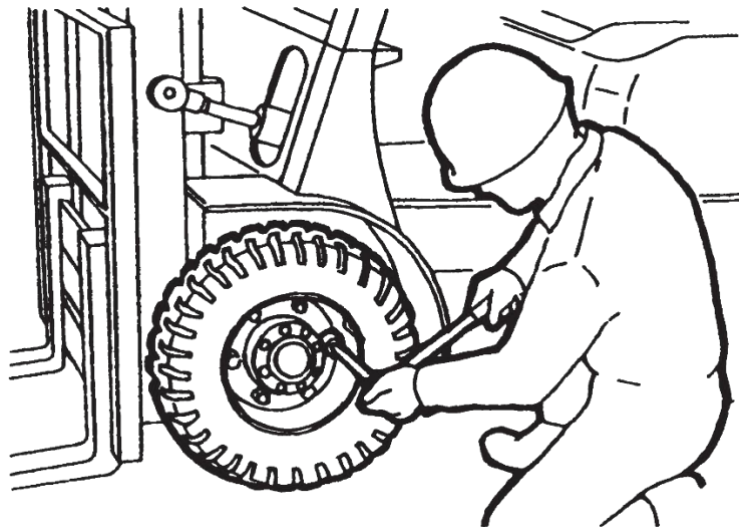
4.5. Ítems de trabajo de mantenimiento

Para llevar un buen control del mantenimiento preventivo de los montacargas, es importante seguir una secuencia de mantenimiento periódico por horas de trabajo, esto ayudará a mantener las unidades en óptimas condiciones.

4.5.1. Cada 10 horas de trabajo

- Revisar neumáticos

Figura 4. Inspección de fuerza en pernos de neumáticos



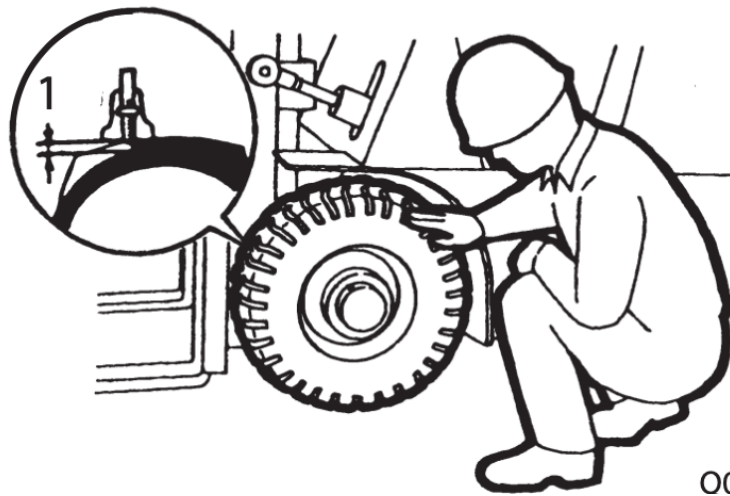
Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-29.

Tabla I. **Torque en los neumáticos**

Lado	Fuerza ideal de operación Unidad: N-m (kgf- m) [lbf-ft]
Delantero	141-172 (14-17) [104 - 127]
Trasero	141-172 (14-17) [104 - 127]

Fuente Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-29.

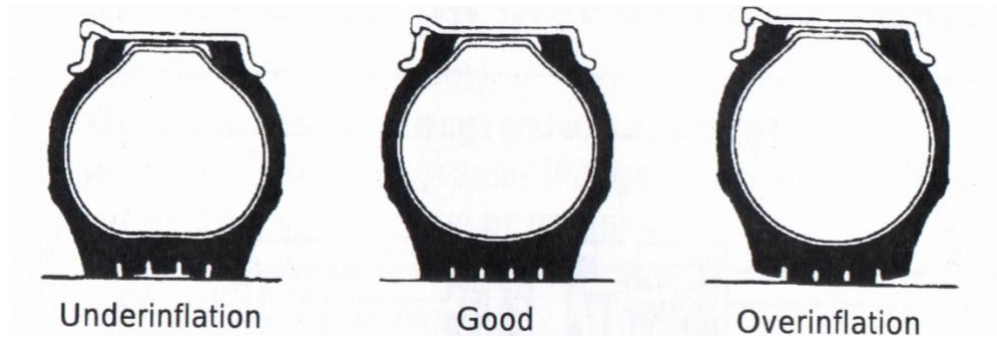
Figura 5. **Inspección de labor de neumáticos**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-30.

El límite de 5mm de labor ante de su reemplazo.

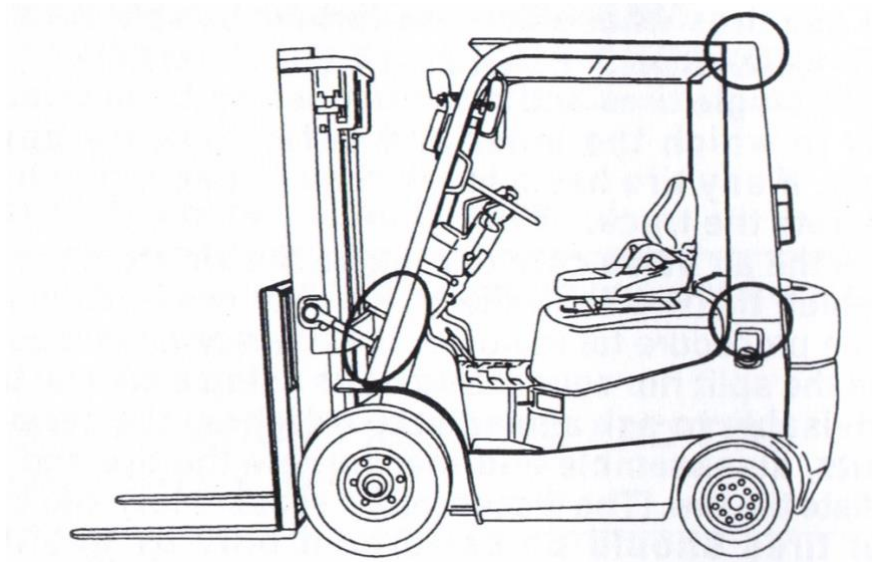
Figura 6. **Presión de neumáticos**



Fuente: Hyder. *Manual de operaciones*. p. 4.

- Revisar el protector de cabina

Figura 7. **Protector de cabina**



Fuente: Hyder. *Manual de operaciones*. p.4-6.

Figura 8. **Poste del protector de cabina**

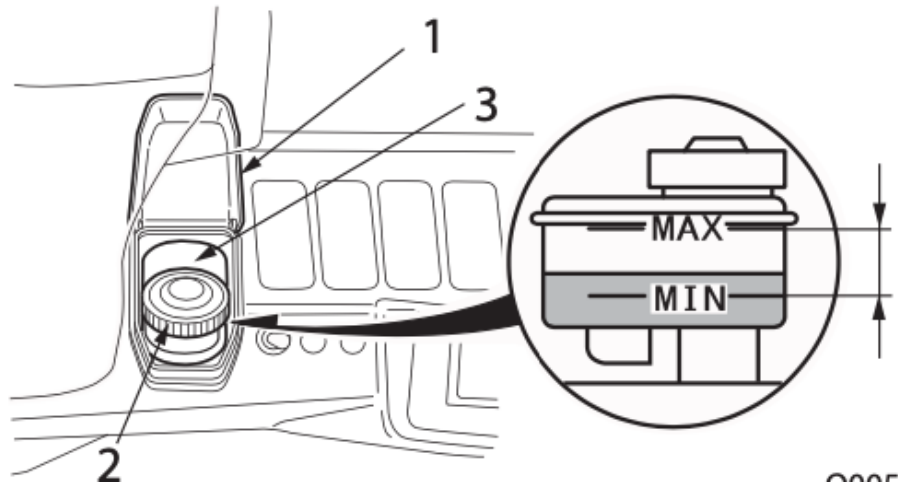


Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p.10-15.

- Revisar nivel de líquido de frenos

Si el nivel del líquido de frenos es menor que las marcas MIN en el depósito, agregue el líquido de frenos para que el nivel del líquido esté dentro de las marcas MAX y MIN.

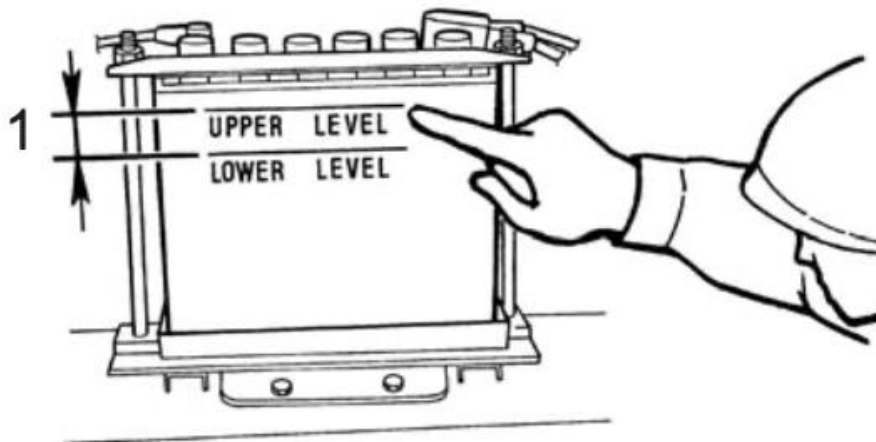
Figura 9. Depósito de líquido de frenos



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-32.

- Revisar nivel de electrolito de la batería

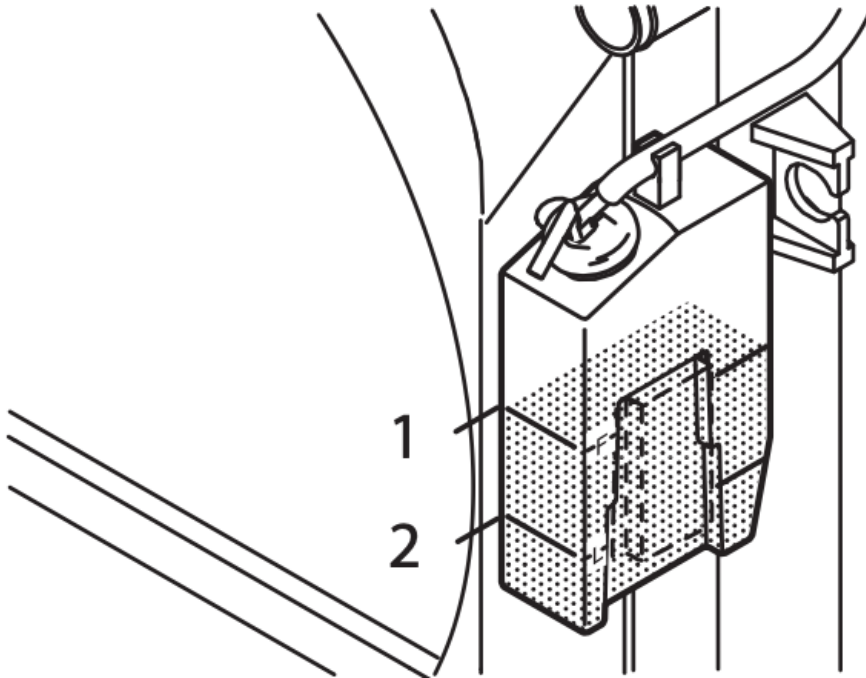
Figura 10. Niveles de batería



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-15.

- Revisar el nivel de refrigerante de motor

Figura 11. Nivel de refrigerante

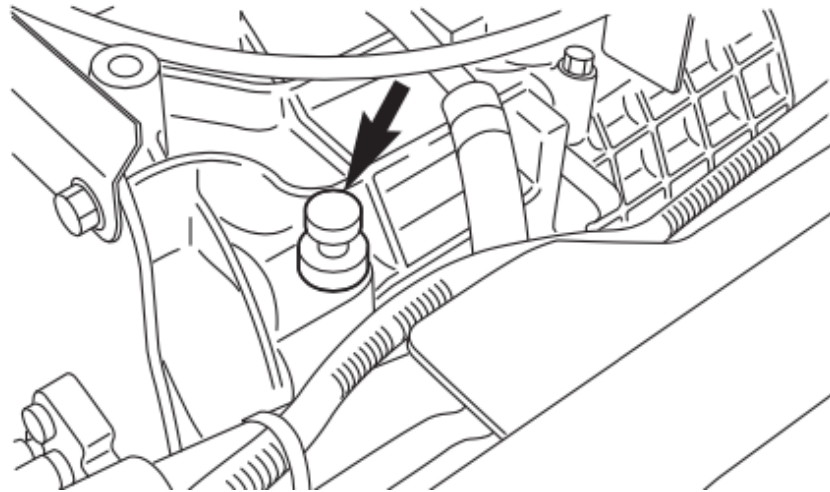


Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-12.

- Revisar el nivel de aceite de motor

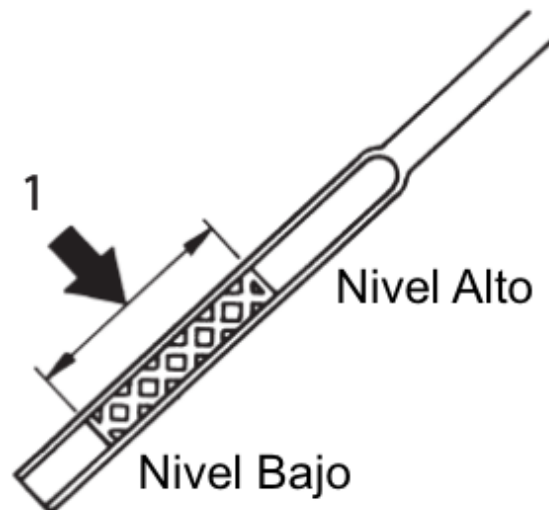
El nivel de aceite es importante para mantener la lubricación correcta dentro del motor, se debe extraer la varilla de medición antes de ponerlo en marcha. El nivel se debe encontrar entre ambas marcas en la varilla y, de ser necesario, ajustar el nivel de aceite si es muy bajo.

Figura 12. **Varilla de nivel aceite de motor**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p.11-31.

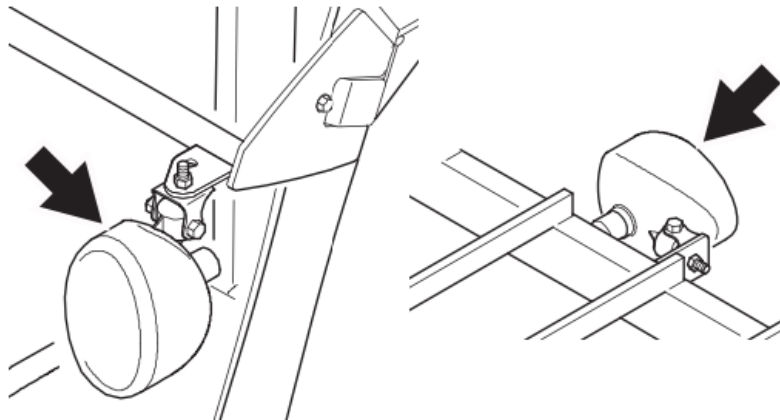
Figura 13. **Nivel de aceite de motor**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p.11-31.

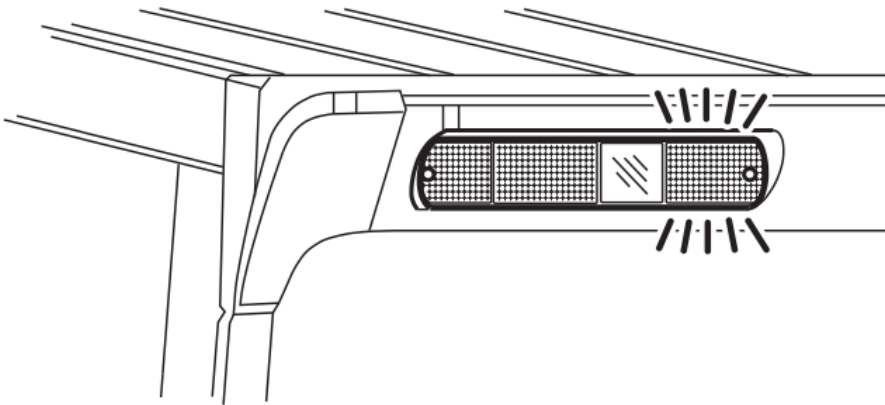
- Revisar las luces

Figura 14. **Luces Frontales**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 10-12.

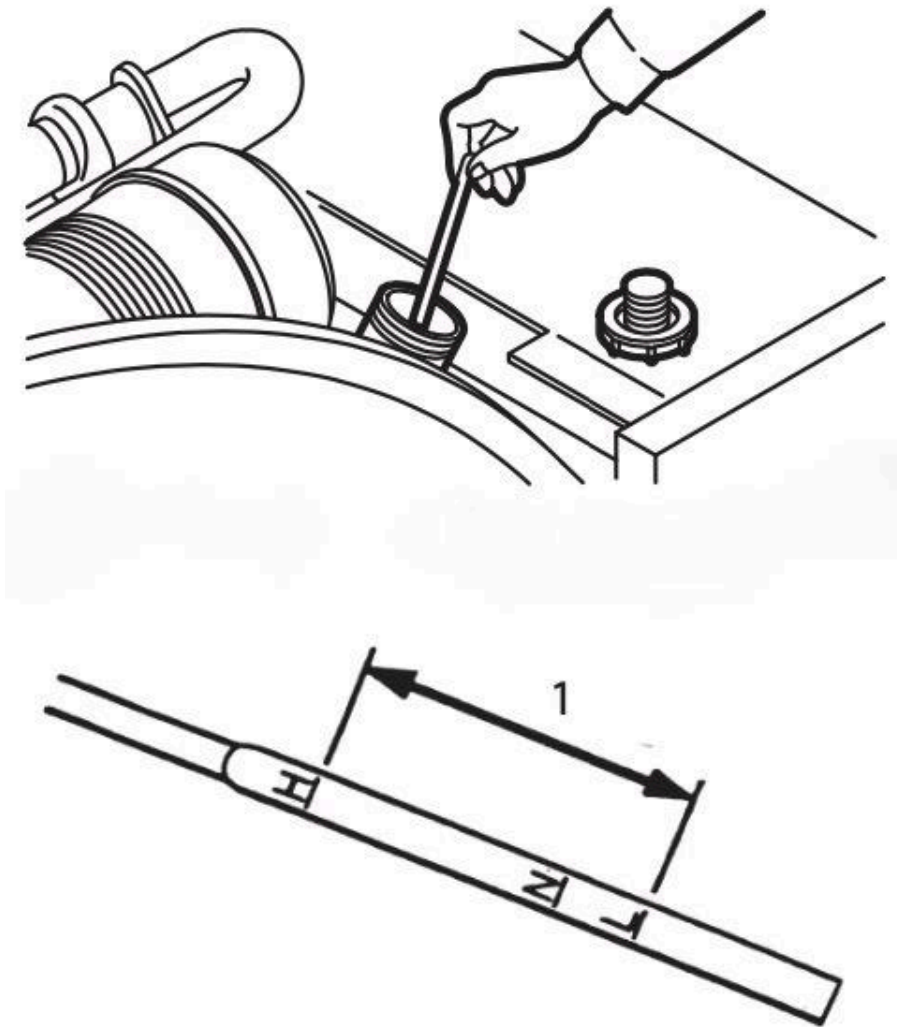
Figura 15. **Luces traseras**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-14.

- Revisar el nivel de aceite hidráulico

Figura 16. Nivel de aceite hidráulico

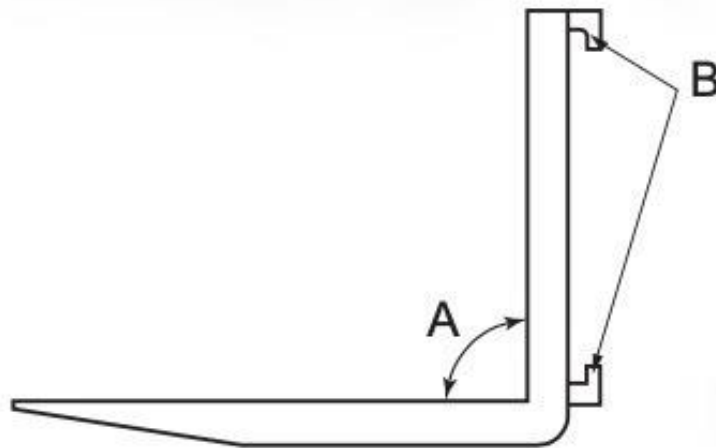
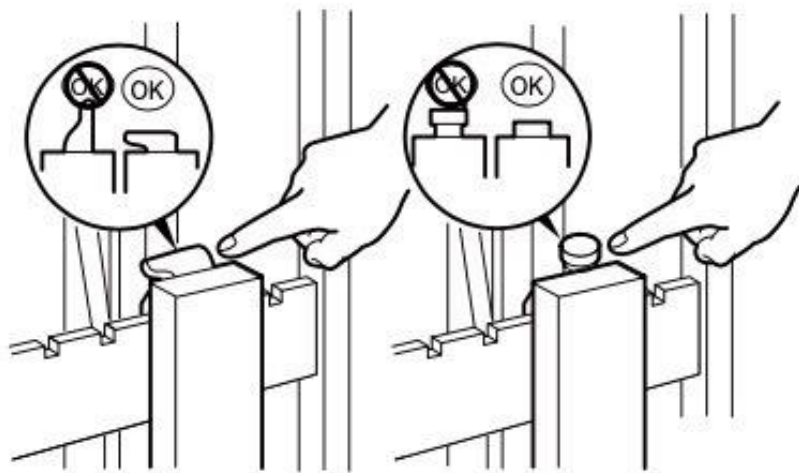


Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-24.

- Revisar fugas de aceite hidráulico en cilindros de inclinación y elevación
- Revisar nivel del convertidor de torque
- Revisar las horquillas y topes

Se inspeccionan las horquillas en busca de grietas. Se debe prestar especial atención a la sección del talón, todas las áreas de soldadura y los soportes de montaje.

Figura 17. Horquillas y topes



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-27.

Se verifica la diferencia de altura de una punta de horquilla a la otra cuando se monta en el soporte de elevación. También se verifica cada desviación por su desviación colocando un poste recto de longitud de la horquilla contra la horquilla para medir una diferencia de altura entre la punta de la horquilla y el poste.

Una diferencia en la altura de la punta de la horquilla podría resultar en un soporte desigual de la carga y causar problemas al ingresar cargas. La diferencia máxima permitida en la elevación de la punta de la horquilla C es de 5 mm (0,2 in) Para las horquillas para paletas. Reemplace una o ambas horquillas cuando la diferencia en la altura de la punta de la horquilla exceda la diferencia máxima permitida.

Figura 18. **Elevación de Horquilla**

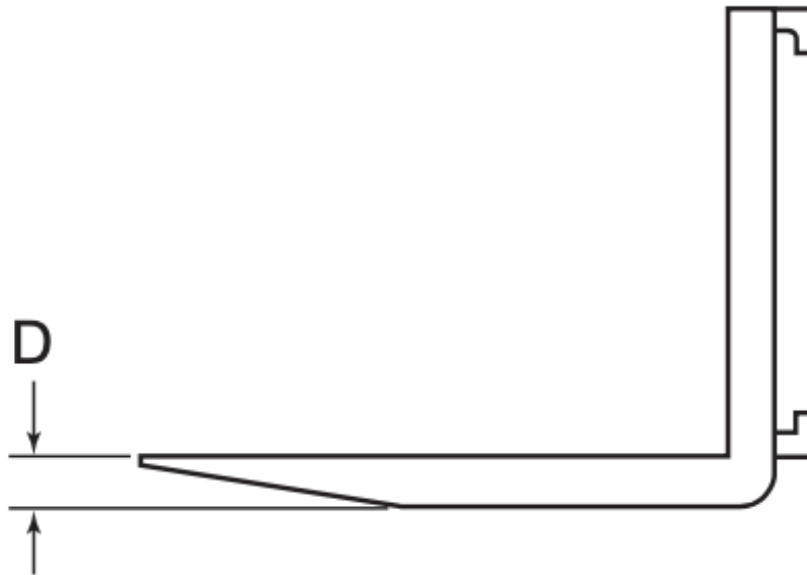


Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-28.

Se revisa la hoja de la horquilla D. No se usan las horquillas si el espesor se reduce a menor que el espesor tolerante. La longitud de la cuchilla de la horquilla también se puede reducir por el desgaste, especialmente en horquillas

y platos cónicos. Las horquillas no se utilizan cuando la longitud de la cuchilla ya no sea adecuada para las cargas previstas.

Figura 19. **Espesor de horquilla**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-28.

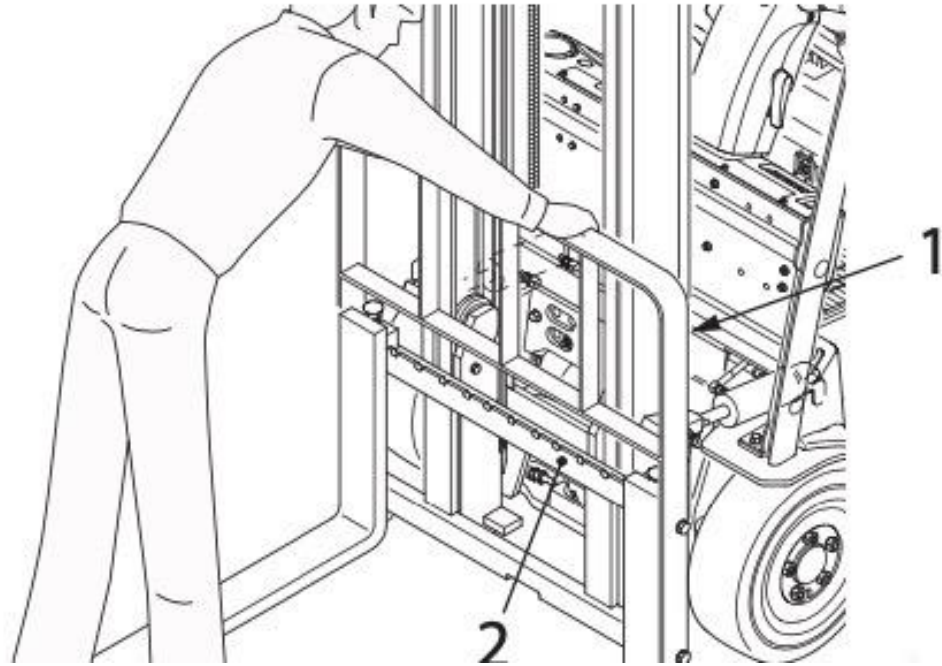
Tabla II. **Espesor de horquilla**

Tolerancia de Carga Unid: Toneladas	Estándar Unid: mm (in)	Limite Unid: mm (in)
1	35 (1,4)	32 (1,3)
2	40 (1,6)	36 (1,4)
3	45 (1,7)	40 (1,6)

Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-28.

- Revisar respaldo de carga

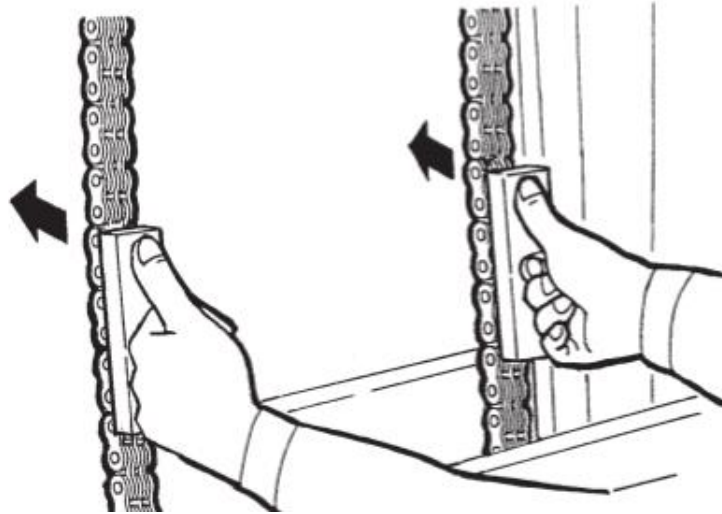
Figura 20. **Respaldo de carga**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 10-12.

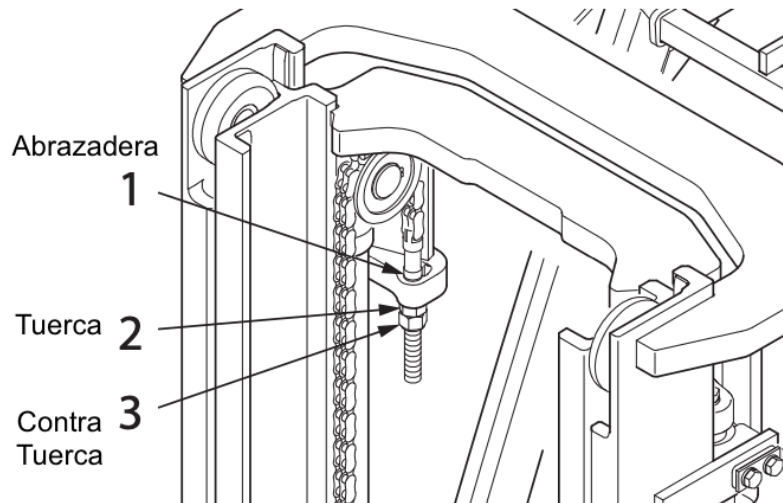
- Comprobar la de cadena de carga

Figura 21. Cadena de carga



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 10-12.

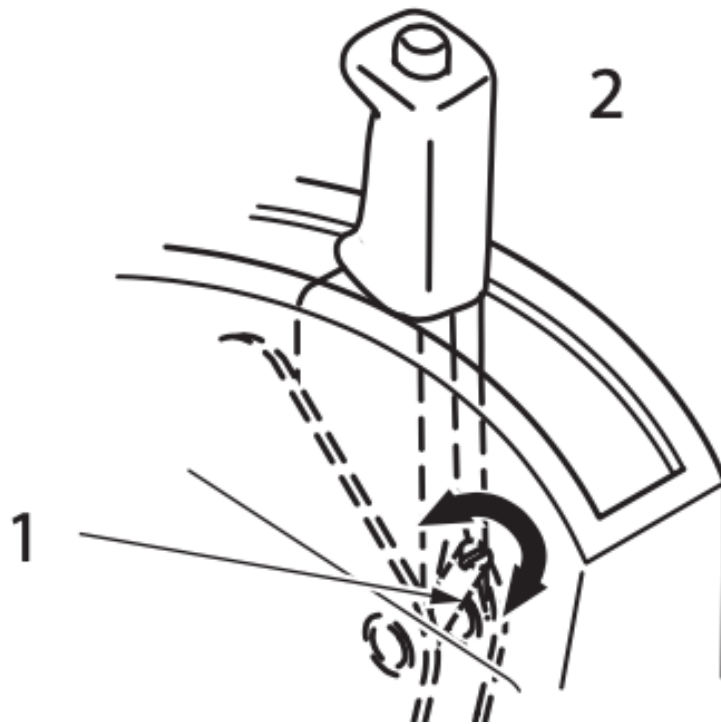
Figura 22. Tensor de cadena



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 10-23.

- Revisar estado del retrovisor
- Revisar levas de cambio
- Revisar freno de aparcamiento

Figura 23. **Freno de aparcamiento**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-36.

- Revisar el panel de instrumentos

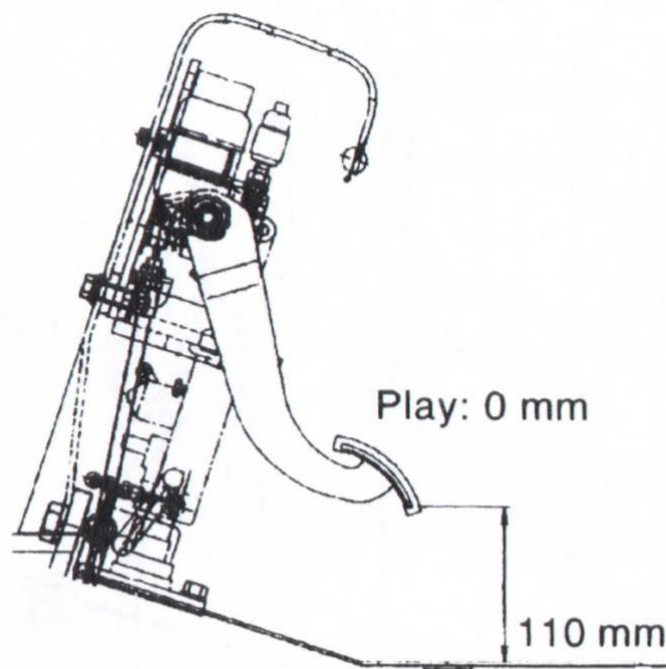
Revisar que todos los indicadores se encuentren funcionando correctamente.

- Revisar capó

Revisar que toda la estructura del capó se encuentre en óptimas condiciones y que no represente riesgos de seguridad al operar.

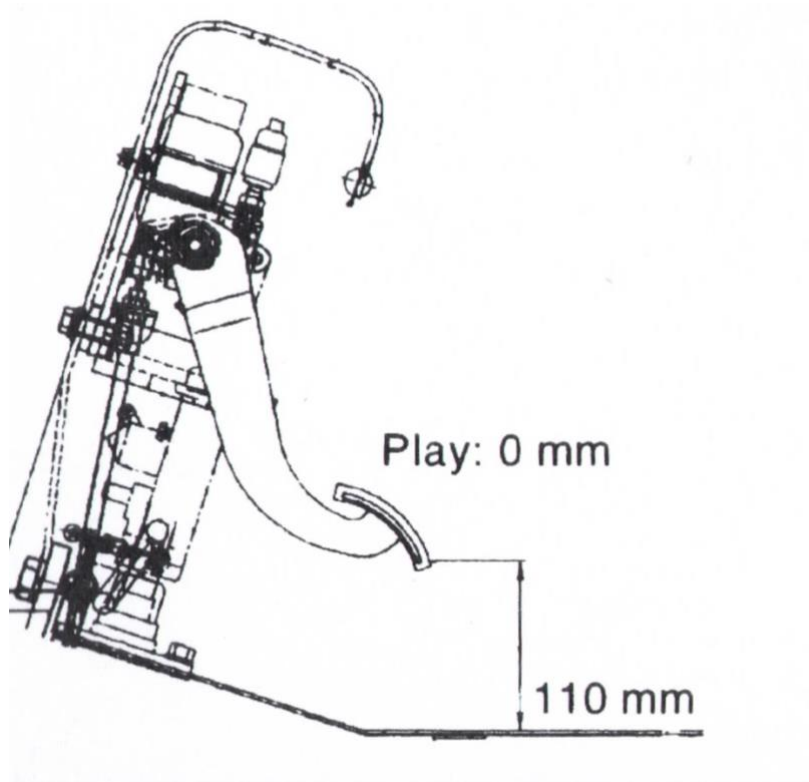
- Revisar pedal de embrague

Figura 24. **Pedal de Embrague**



Fuente: Hyder. *Manual de operaciones*. p. 4-13.

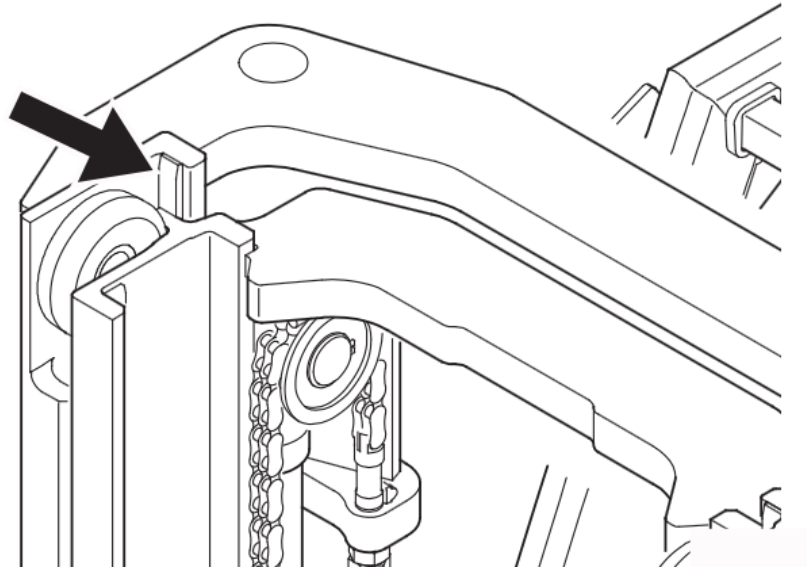
Figura 26. **Pedal de accionamiento**



Fuente: Hyder. *Manual de operaciones*. p. 4-13.

- Revisar mástil de operación

Figura 27. **Mástil de carga**

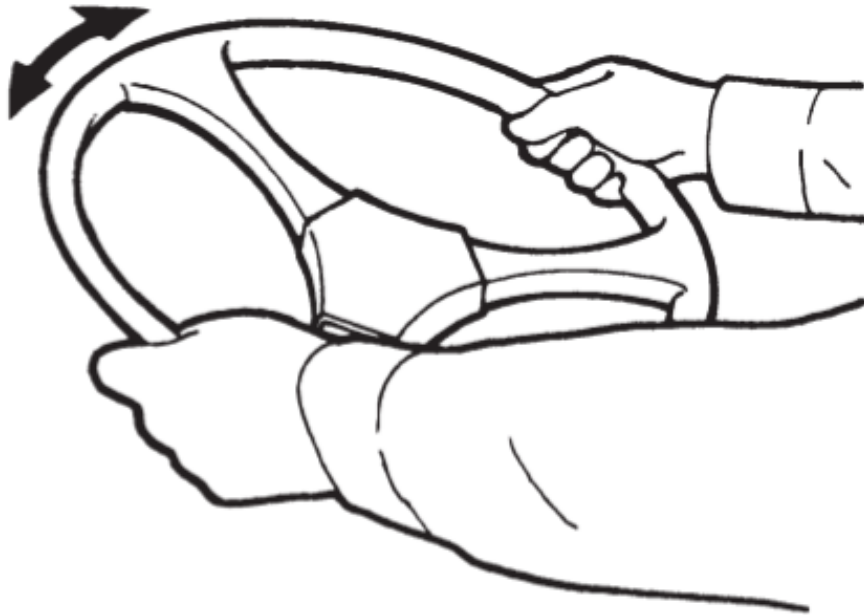


Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-36.

- Revisar volante de dirección

Revisar el juego libre del volante, debe encontrarse entre 50 a 100 mm (2-4 in).

Figura 28. **Volante de dirección**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-28.

- Revisar condición de gases de escape

Revisar la condición de gases de escape podría alarmar las condiciones del motor.

Colores:

- Incoloro o azul claro: Normal (combustión completa)
- Negro: Anormal (combustión incompleta)
- Blanco: Anormal (quemadura de aceite)

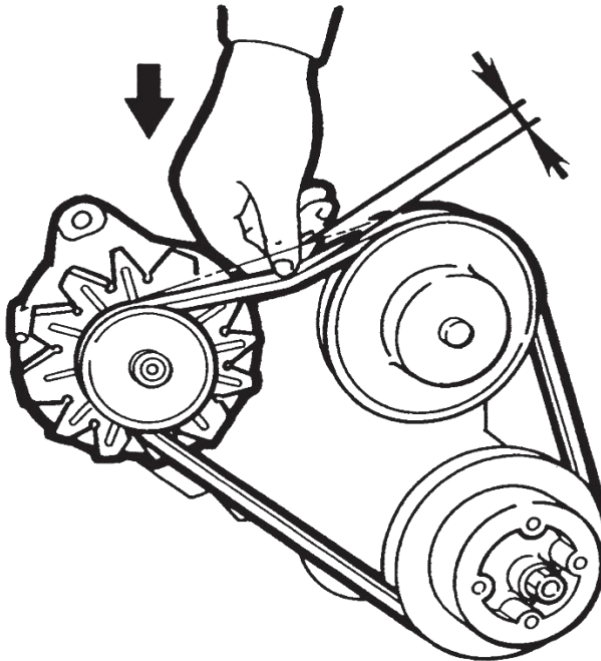
Revisar solo si las condiciones son anormales o presenta vibración.

4.5.2. Cada 50 horas de trabajo

Además de realizar la inspección diaria, lleve a cabo las siguientes tareas cada 50 horas de trabajo o bien cada semana, lo que ocurra primero.

- Revisar tensión en faja del ventilador y alternador
 - Verifique que no presente daños la faja.
 - Verifique que tenga la tensión adecuada empujando la correa hacia abajo con una presión de aproximadamente 98 N (10 kgf) [22 lbf] a medio camino entre las poleas.

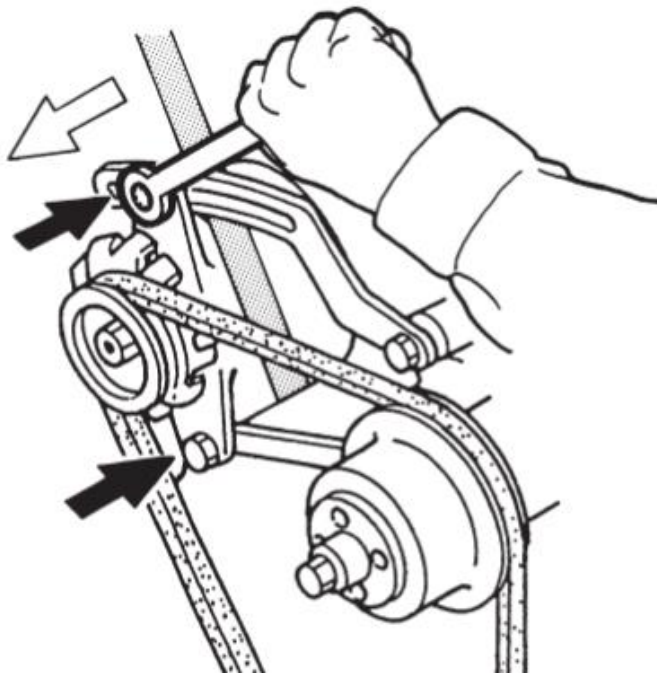
Figura 29. Revisión de faja de ventilador



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-32.

- La deflexión adecuada de la faja es de 10 – 12 mm (0,4 – 0,5 in).

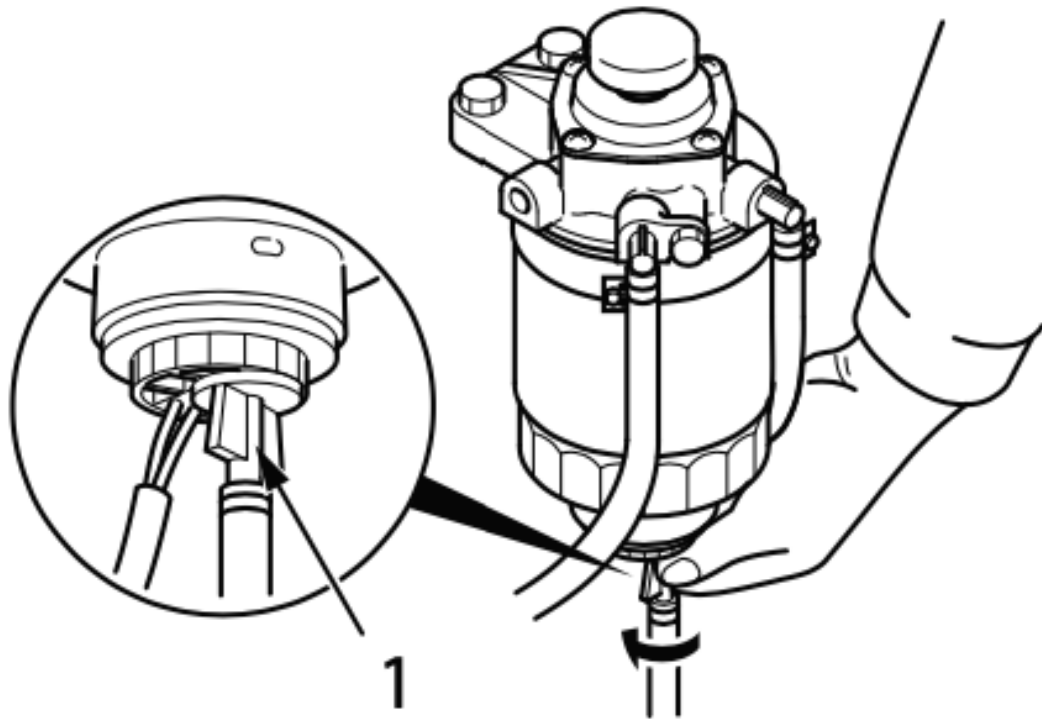
Figura 30. **Ajuste de tensión en faja**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-32.

- Drenar el filtro de diésel
 - Se afloja el tapón de drenaje y se drena el agua del filtro de combustible.

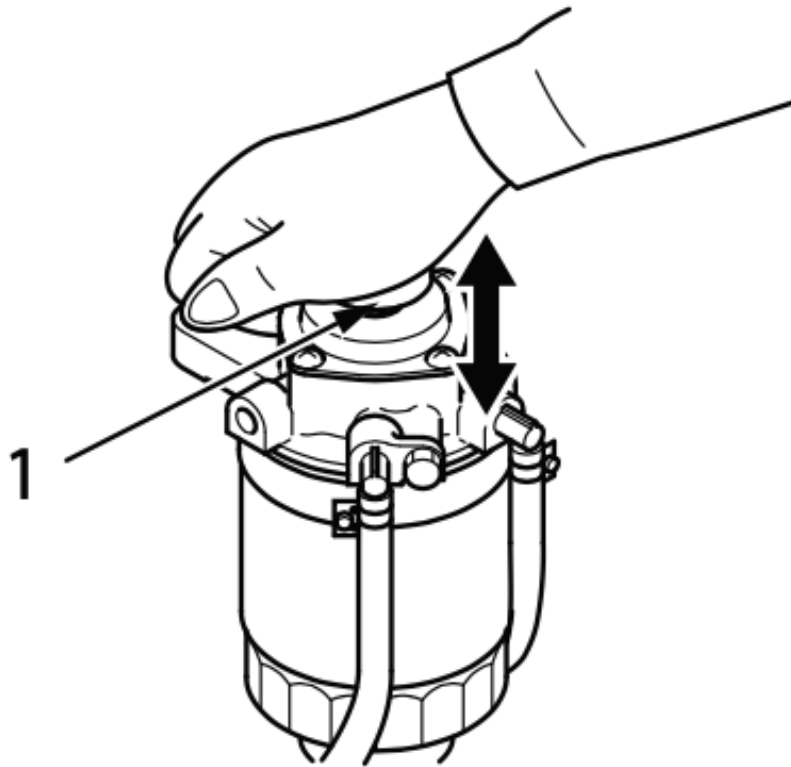
Figura 31. Drenado del filtro de diésel



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck *Manual de mantenimiento*. p. 11-33.

- Se alimenta el combustible presionando la bomba de cebado, aproximadamente siete golpes.

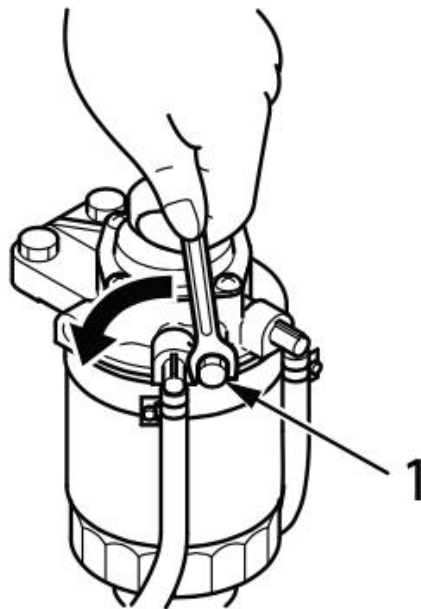
Figura 32. **Cebado de filtro de diésel**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-34.

- Después del drenaje, se aprieta bien el tapón de drenaje.
- Después de drenar el filtro de combustible, se purga el sistema de combustible.
- Se afloja el tapón de ventilación del filtro de combustible aproximadamente 1,5 vueltas.

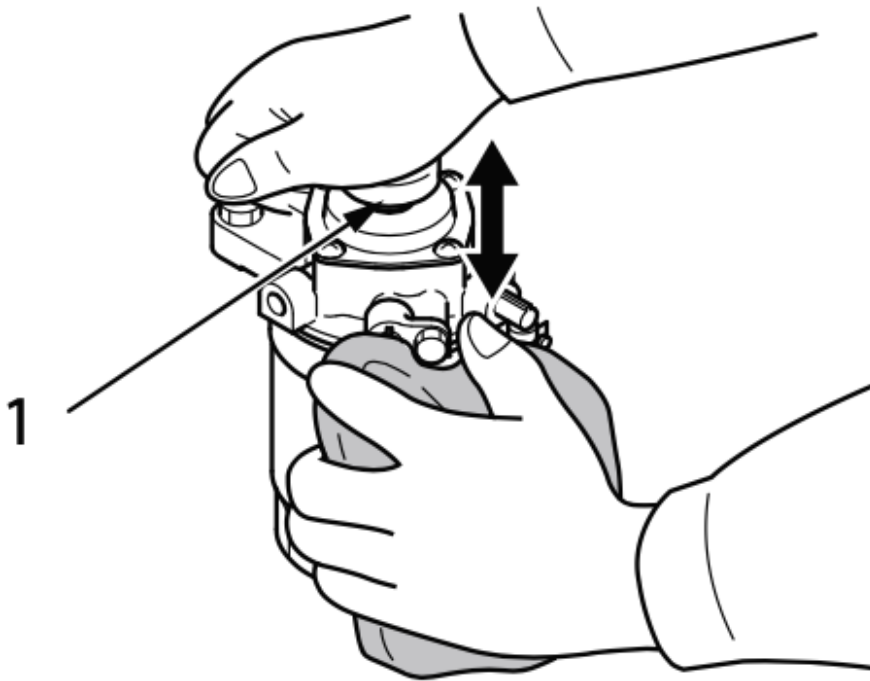
Figura 33. **Tapón de ventilación**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-34.

- Se coloca un paño en el tapón de ventilación.

Figura 34. **Liberación de aire en filtro de diésel**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-34.

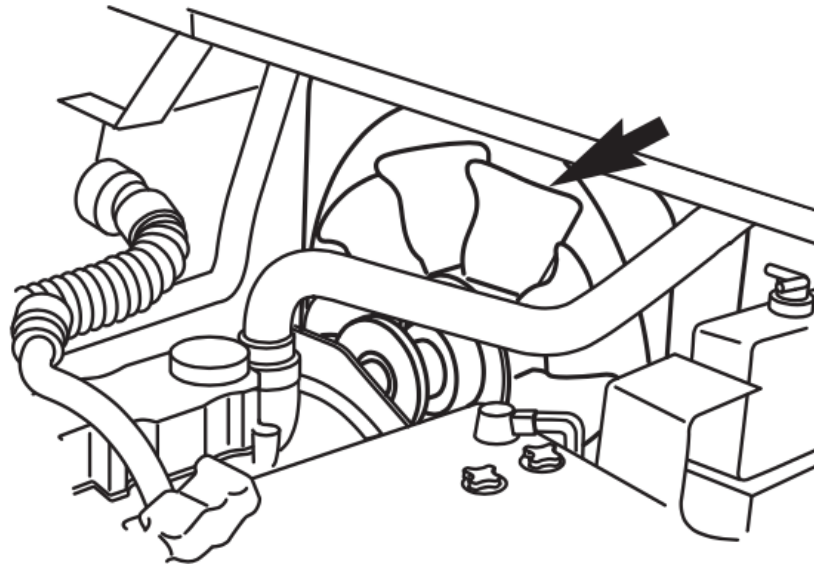
- Se repite el bombeo hasta que el flujo de combustible del tapón de ventilación de aire quede libre de burbujas.

4.5.3. Cada 200 horas de trabajo

Se debe realizar cada 200 horas o cada 30 días lo que ocurra primero.

- Revisar aspas del ventilador

Figura 35. **Ventilador**

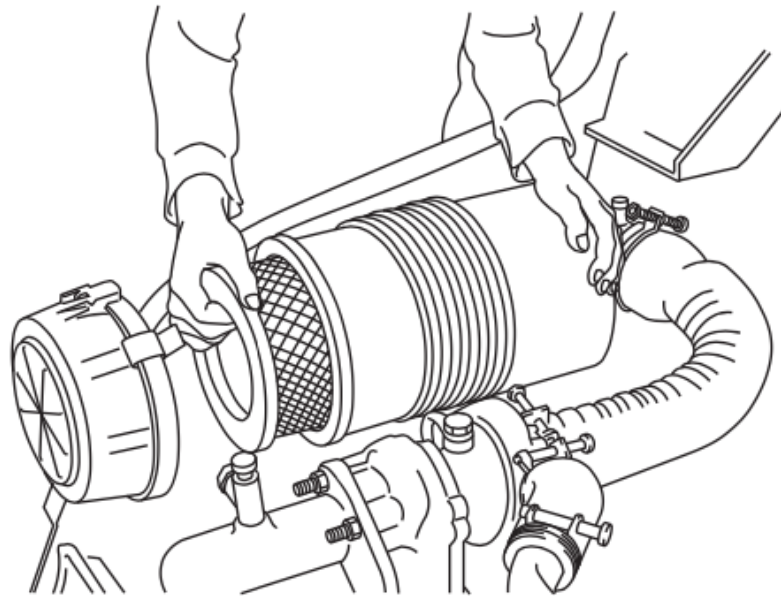


Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-38.

- Revisar y limpiar el filtro de aire de motor
 - Se levanta el capó del motor.

- Se abre la copa de polvo y saque el elemento.

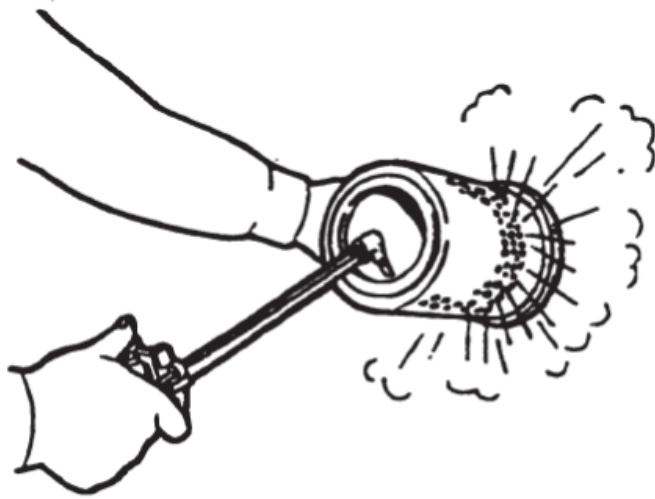
Figura 36. **Extracción del filtro de aire**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-35.

- Se limpia el interior de la carcasa del filtro de aire.
- Se dirige el aire dentro del elemento a lo largo de los pliegues y se golpea ligeramente.

Figura 37. Limpieza del filtro de aire



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-35.

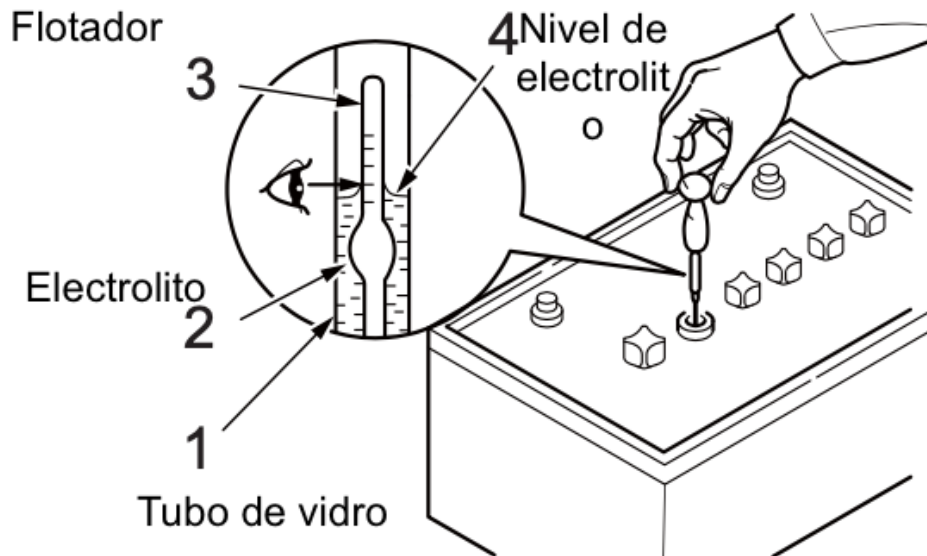
- Se inserta una luz dentro de un elemento limpio y se verifica.
- Se reemplaza el elemento si se encuentran rasgaduras.
- Se instala el elemento del filtro de aire.
- Se cierra el capó del motor.

Si las condiciones de operación son demasiado polvorientas, se inspecciona el filtro de aire cada 50 horas de trabajo. Se debe limpiar cada mes o cada 200 horas y reemplazar por uno nuevo cada 6 meses o 1 200 horas.

- Revisar el estado de la batería

Revisar el estado general de la batería, niveles de electrolito y carga de la batería.

Figura 38. Nivel de electrolito



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-38.

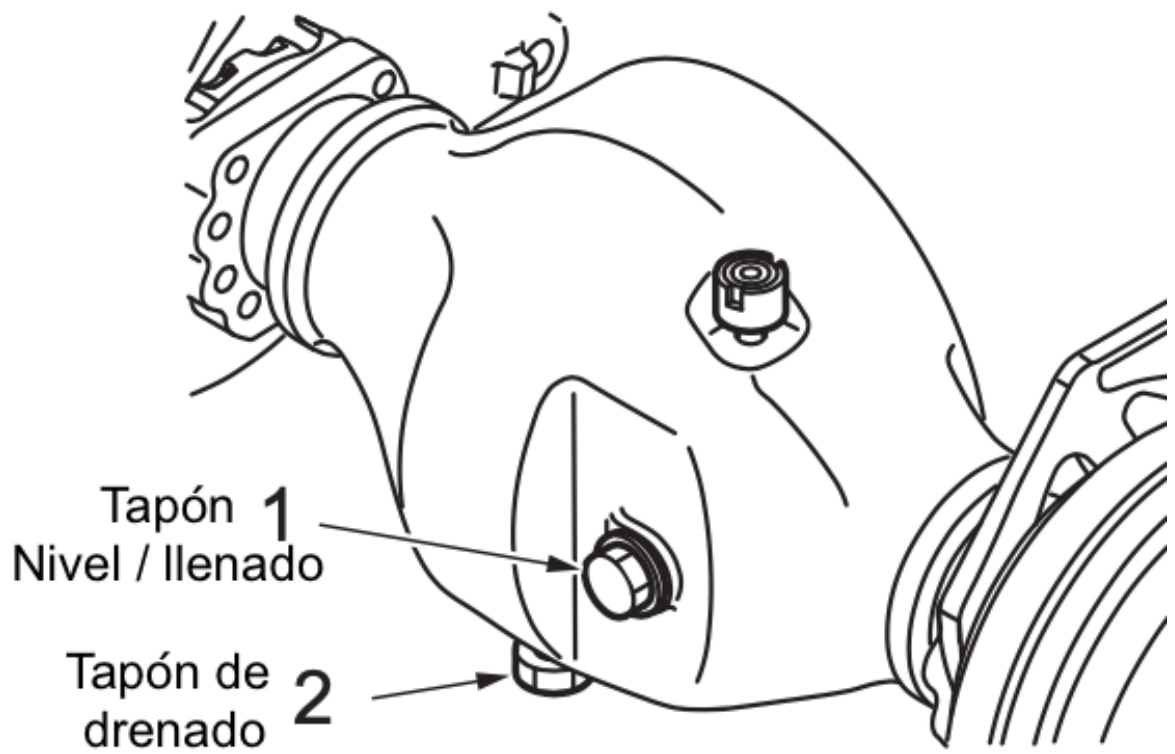
- Revisar el nivel de aceite del diferencial

El montacargas se estaciona en un terreno nivelado con las horquillas bajadas hasta que las puntas de las horquillas toquen el suelo, se aplica el freno de estacionamiento, la palanca de dirección en la posición neutral, el motor este detenido y las ruedas estén bloqueadas.

- Se eleva el soporte de elevación lo suficientemente alto como para acceder al tapón de nivel / llenado.
- Se usa el bloqueo debajo del mástil interno para asegurar el soporte de elevación en esta posición.
- SE retira el tapón de nivel / llenado. Se debe mantener el nivel de lubricante en la parte inferior del orificio de nivel / llenado.

- Sustituir el aceite por la primera vez después de seis meses de uso, y después de eso se sustituye cada 12 meses.
- Se limpia y coloca el tapón de nivel / llenado.
- Retire el bloqueo. Baje el soporte de elevación.

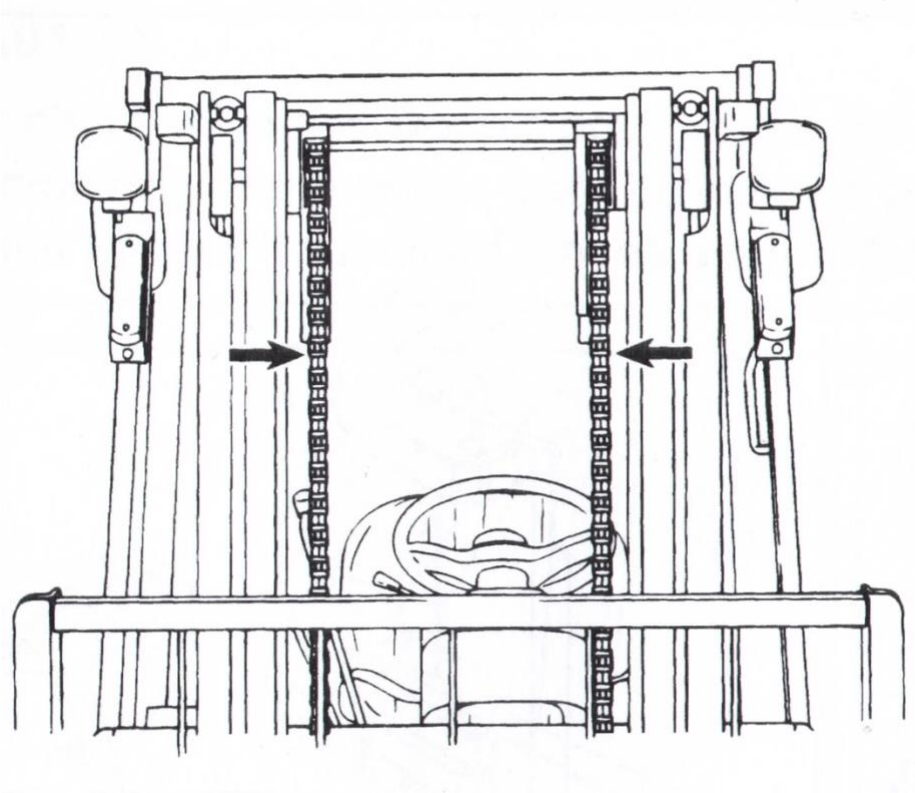
Figura 39. Nivel de diferencial



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-40.

- Lubricar la cadena de carga

Figura 40. **Lubricación de cadenas de carga**

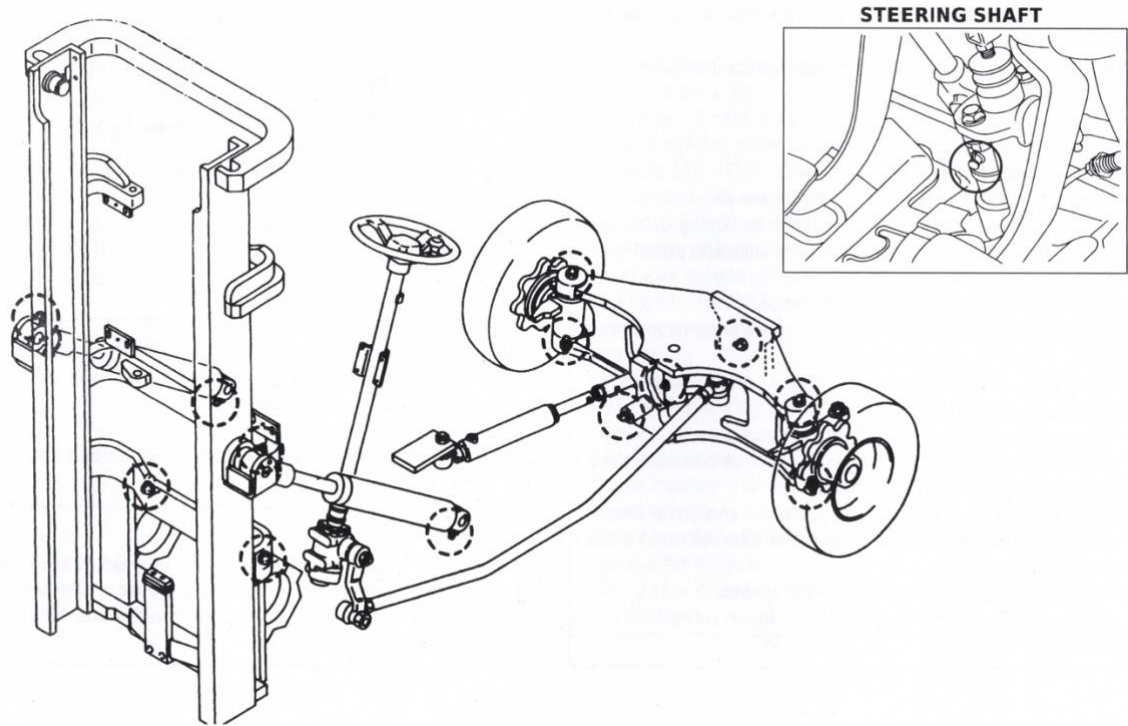


Fuente: Hyder. *Manual de operaciones*. p. 4-27.

- Revisar y lubricar graseras

Lubricar cada elemento, así como las piezas móviles del chasis.

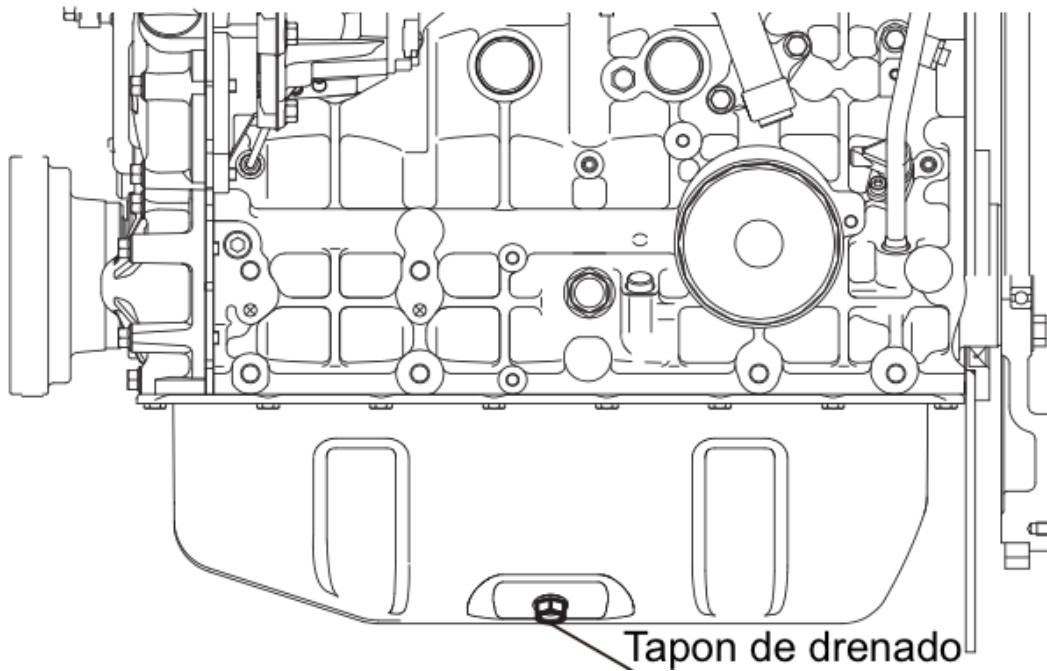
Figura 41. Puntos de graseras



Fuente: Hyder. *Manual de operaciones*. p. 4-27.

- Cambio de aceite de motor
 - Operar el montacargas durante unos minutos para calentar el aceite. Se utilizan aditivos para flushing de motor cada 2 400 horas y se deja actuar durante, al menos, 10 minutos antes de detener el motor.
 - Estacionar el montacargas en terreno nivelado con las horquillas bajadas hasta que las puntas de las horquillas toquen el piso, se aplique el freno de estacionamiento, la palanca de dirección en la posición neutral y el motor se detenga. Se bloquean las ruedas de forma segura.
 - Se retira el tapón de drenaje y se drena el aceite del motor del puerto de drenaje, utilizando una bandeja para recibir el aceite.

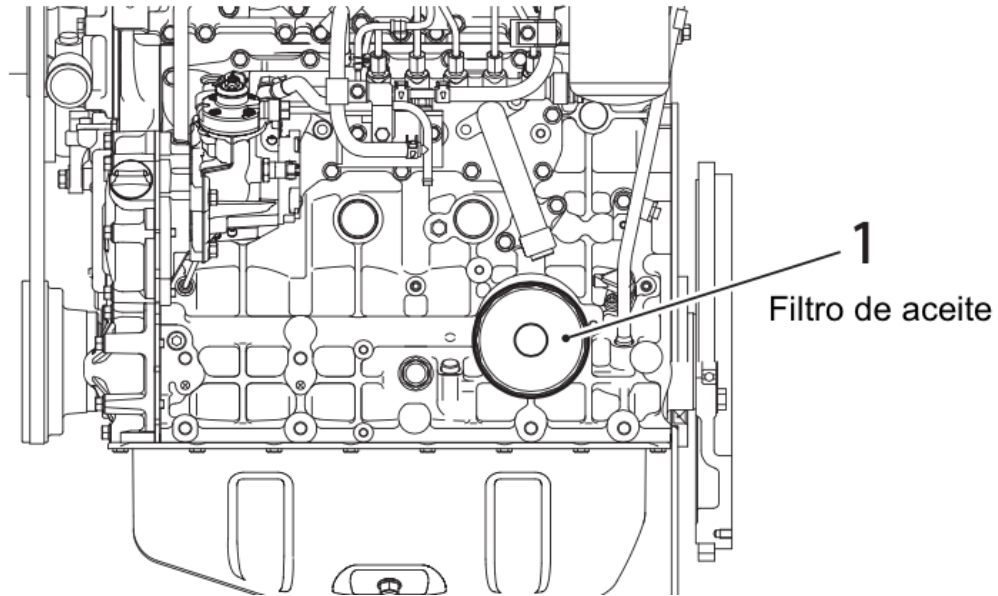
Figura 42. **Tapón de drenaje de aceite**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-41.

- Se retira el filtro de aceite con la llave para filtros. Ten cuidado con el aceite derramado.

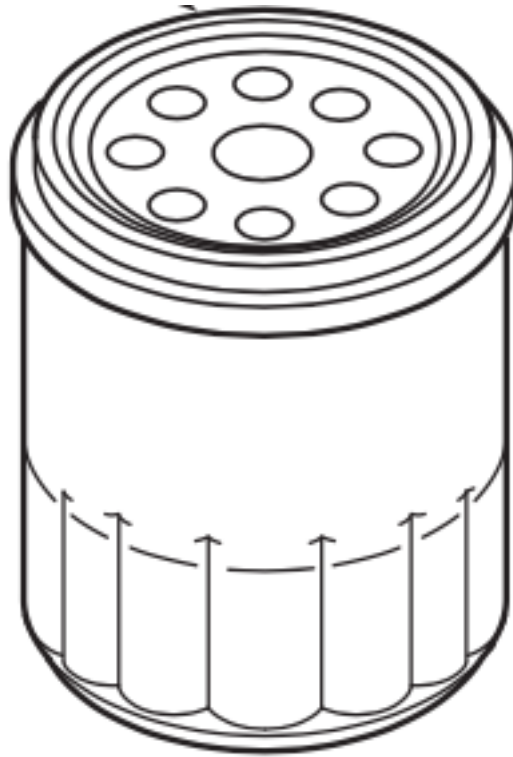
Figura 43. **Ubicación del filtro de aceite**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-41.

- Limpiar completamente el aceite en la superficie de montaje del filtro de aceite con un paño de desecho limpio.
- Reemplazar la roldana del tapón de drenaje, limpiar y asegurarse de apretarla.
- Instalar el filtro de aceite. Para ello se aplica una pequeña capa de aceite en toda la orilla del empaque del filtro de aceite, se aprieta a mano el filtro de 3/4 a una vuelta después de que llegue la junta del filtro en contacto con la superficie de montaje del filtro.

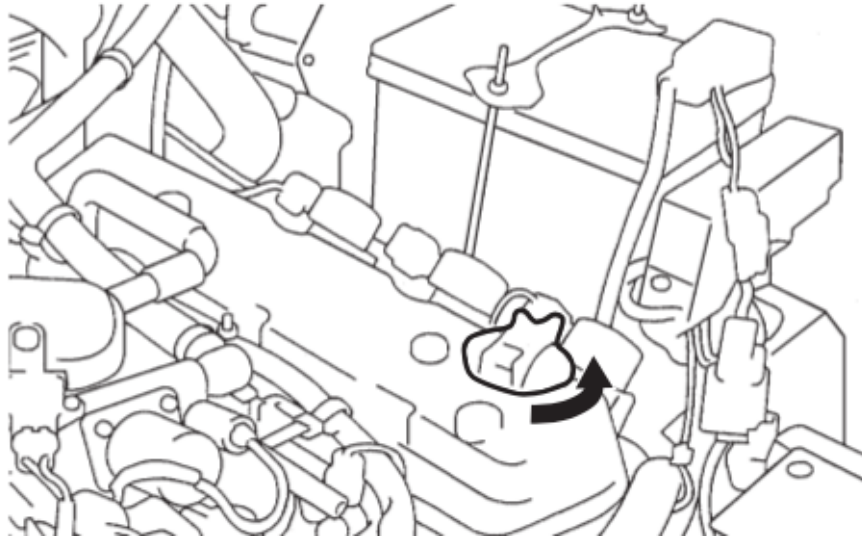
Figura 44. **Filtro de aceite**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-41.

- Retirar la tapa de llenado de aceite del motor.

Figura 45. **Tapa de llenado de aceite**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-41.

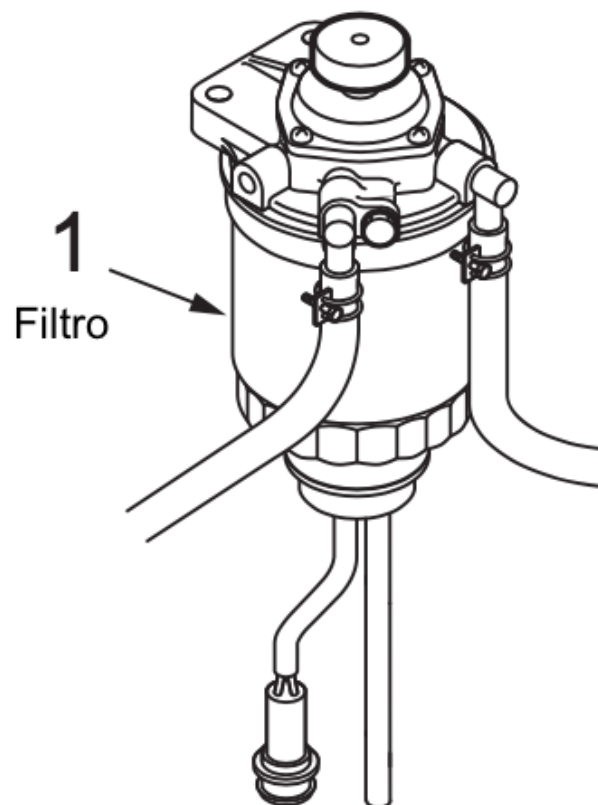
- Se vierte el aceite hasta llenar el cárter y se cierra la tapa, se verifica que esté bien ajustado y se arranca el motor por unos minutos y luego se apaga.
- Esperar unos minutos y medir el nivel de aceite, debe encontrarse en el nivel máximo, de hacerle falta se agrega más aceite hasta que llegue al nivel recomendado.

4.5.4. Cada 600 horas de trabajo

- Reemplazo del filtro de diésel
 - Retirar el filtro.

- Usar una llave para filtros para quitar el elemento filtrante.
- Limpiar la superficie de sellado de la base del filtro.
- Aplicar una capa ligera de aceite de motor a la junta del nuevo elemento filtrante.
- Instalar el nuevo elemento del filtro a mano hasta que la junta entre en contacto con la base del filtro.
- Purgar el sistema para sacar todo el aire.
- Girar el interruptor de llave a la posición arranque y verificar si hay fugas de combustible.

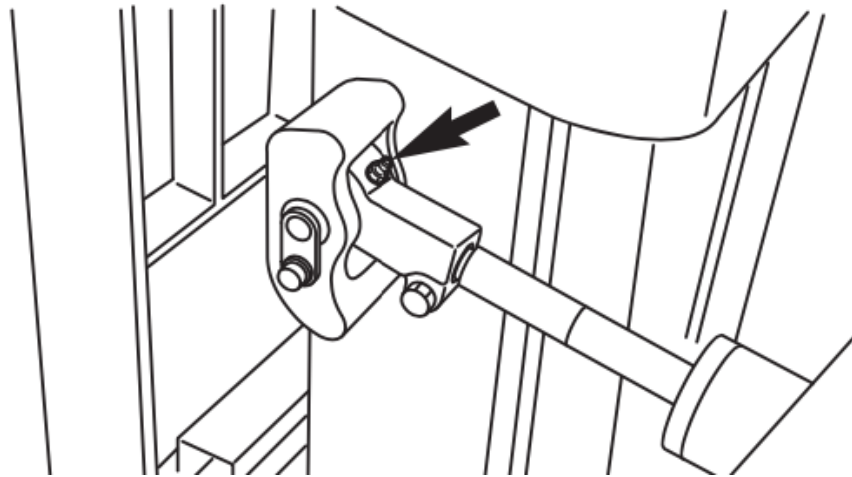
Figura 46. **Cambio de filtro de diésel**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-41.

- Verifiqué y apreté todos los pernos y tuercas del chasis
- Lubricar los pines de soporte

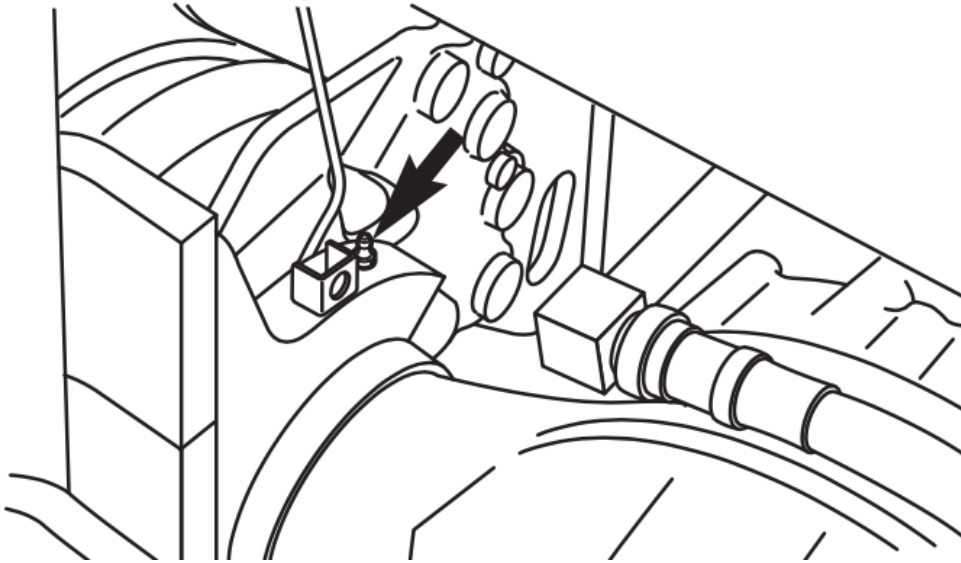
Figura 47. **Pines de soporte**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-44.

- Lubricar el soporte del mástil

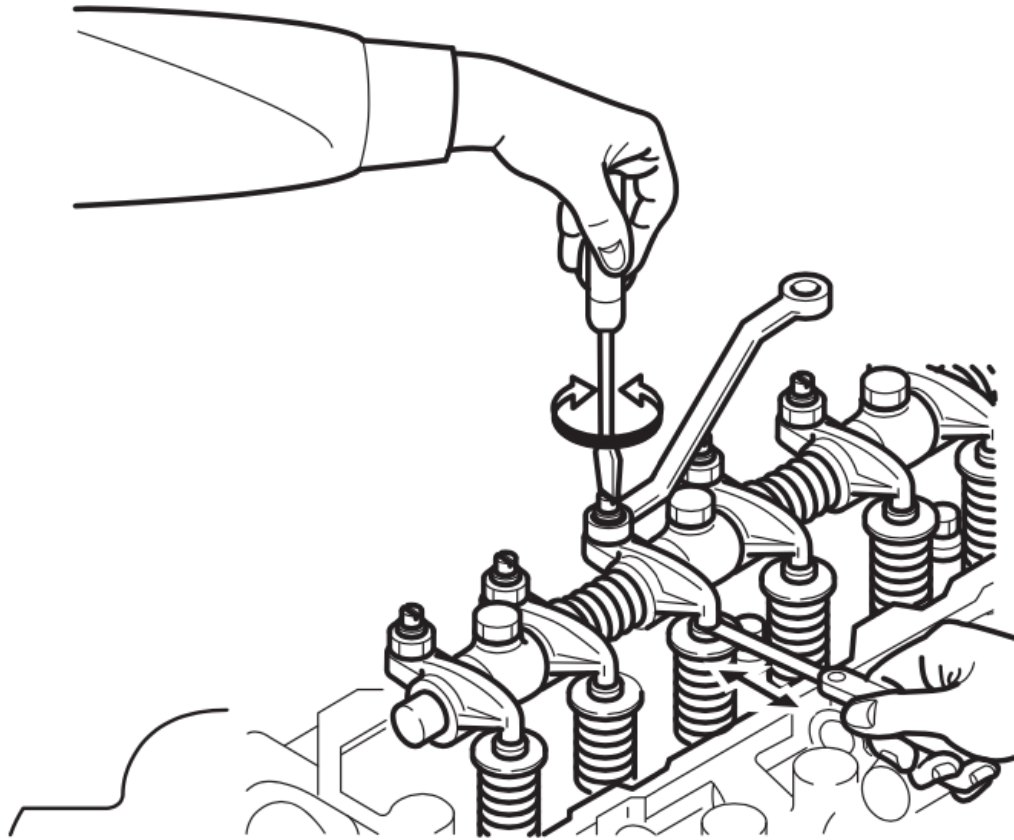
Figura 48. **Soporte de mástil**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-45.

- Calibración de válvulas de admisión y escape
 - Retirar la tapa de válvulas.
 - Ajustar la separación girando el tornillo en cualquier dirección para el grosor apropiado (0,25 mm [0,0098 in.]). Utilizar un calibrador de hojas para ver la separación.
 - Después de ajustar el espacio libre, se aprieta firmemente la tuerca de seguridad y se inspecciona nuevamente el espacio libre.
 - Se limpia la orilla y se coloca nuevamente la tapadera de válvulas, se revisa el estado del empaque y, de ser necesario, reemplazar el empaque de tapadera de válvulas.

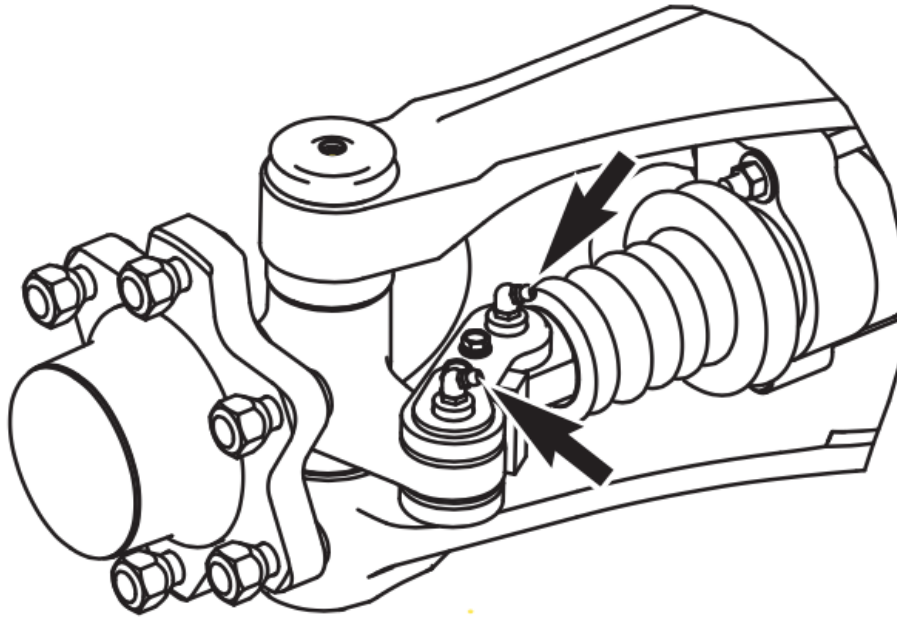
Figura 49. Válvulas de admisión y escape



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-45.

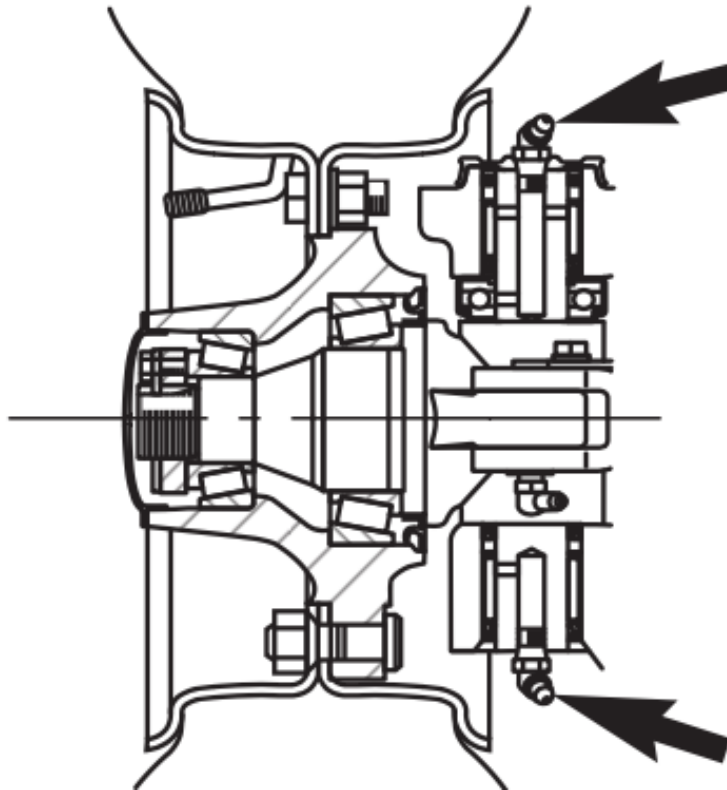
- Lubricar los pines del muñón de rueda

Figura 50. Pines de giro del muñón de rueda



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-45.

Figura 51. Pines centrales del muñón de rueda

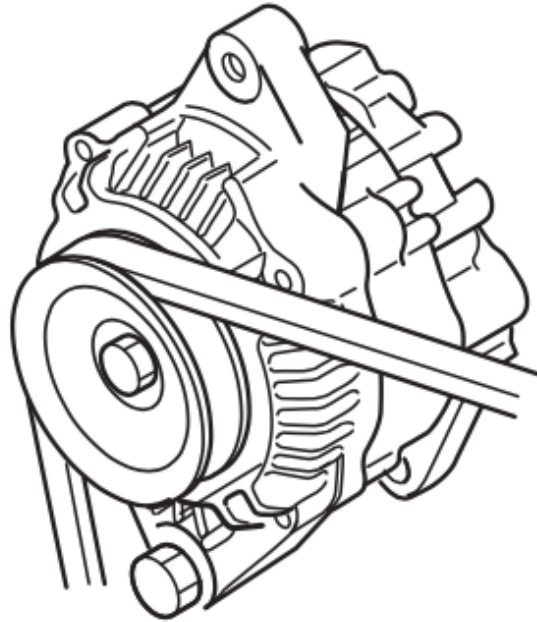


Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-45.

4.5.5. Cada 1200 horas de trabajo

- Reemplazar el filtro de aire
- Revisar el alternador
 - Realizar una inspección visual, vibración, ruido, nivel de carga.

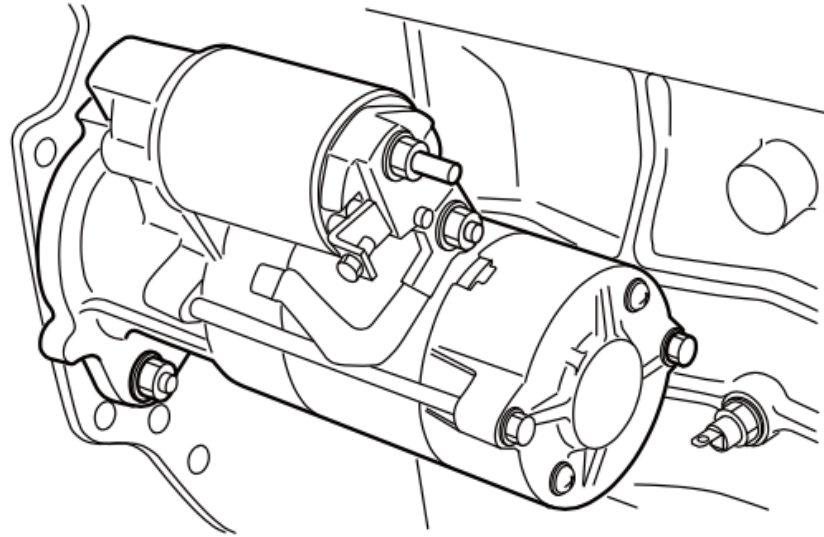
Figura 52. **Alternador**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-47.

- Revisar el motor de arranque
 - Revisar tornillos y tuercas, cables, limpieza.

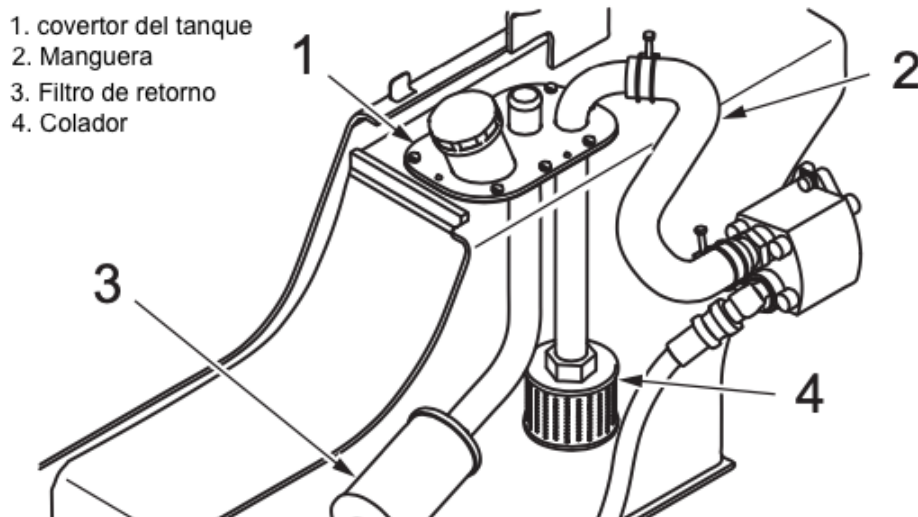
Figura 53. **Motor de arranque**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*, p. 11-47.

- Reemplazar el filtro de retorno hidráulico

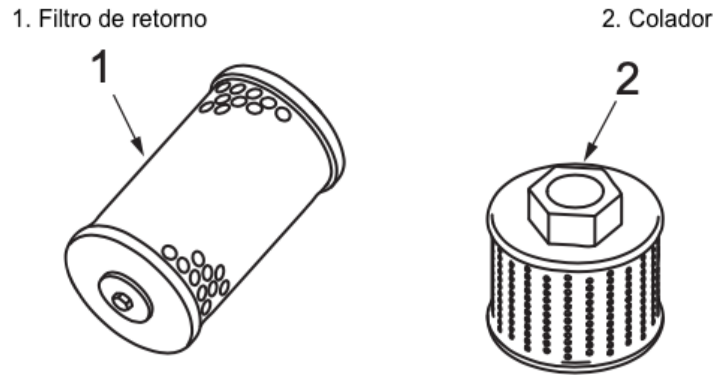
Figura 54. **Elementos del sistema hidráulico**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-48.

- Retirar la manguera y la tapa del tanque.
- Retirar la junta y el filtro.
- Retirar la junta y devuelva el filtro de aceite. Desechar el elemento filtrante.
- Limpiar las partes del filtro y reemplace el sello y la junta, si es necesario. Instalar un nuevo elemento de filtro.
- Volver a instalar el conjunto del cuerpo del filtro y apretar el perno de retención.

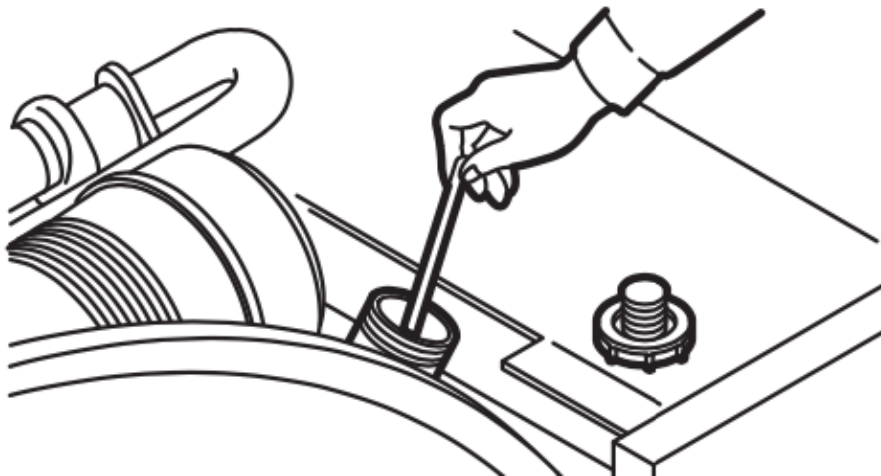
Figura 55. **Filtro de retorno hidráulico**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-48.

- Retirar el tapón de llenado. Verificar el nivel de aceite.

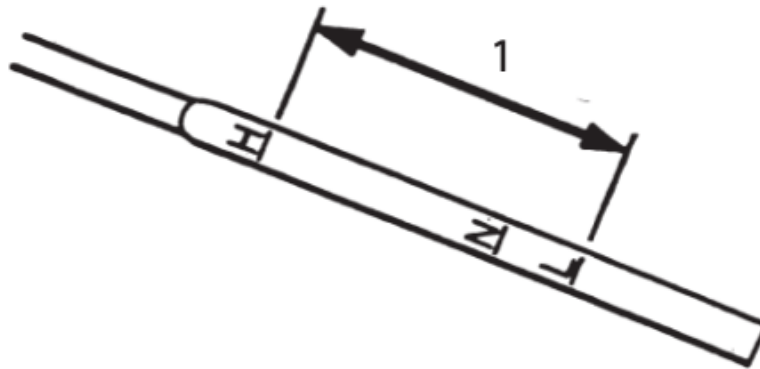
Figura 56. **Tapón de llenado de hidráulico**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-48.

- Agregar aceite, si es necesario, para alcanzar el rango de nivel correcto en la varilla medidora.

Figura 57. **Varilla de nivel de hidráulico**



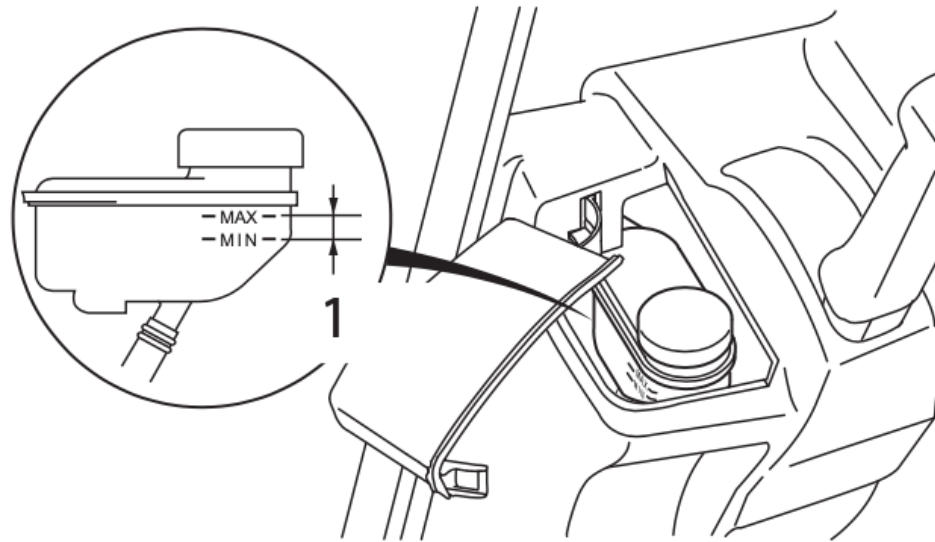
Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-48.

- Instalar la varilla medidora
- Verificar si hay fugas de aceite
- Cambio de aceite del eje frontal
- Cambie el filtro y aceite de transmisión (para transmisión automática)

4.5.6. Cada 2 400 horas de trabajo

- Reemplazar el líquido de frenos
 - Drenar todo el líquido de frenos usado y colocar nuevo según especificación.

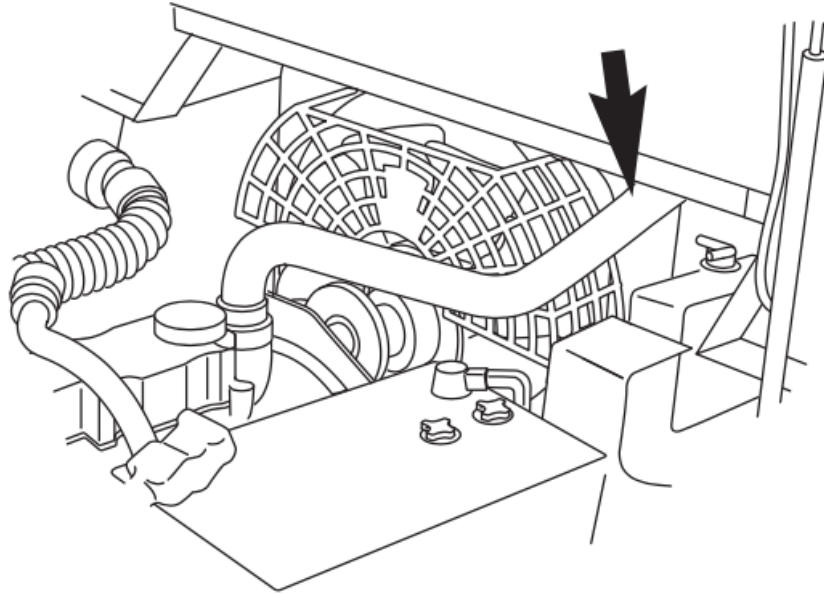
Figura 58. Depósito de líquido de frenos



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-50.

- Revisar mangueras del radiador

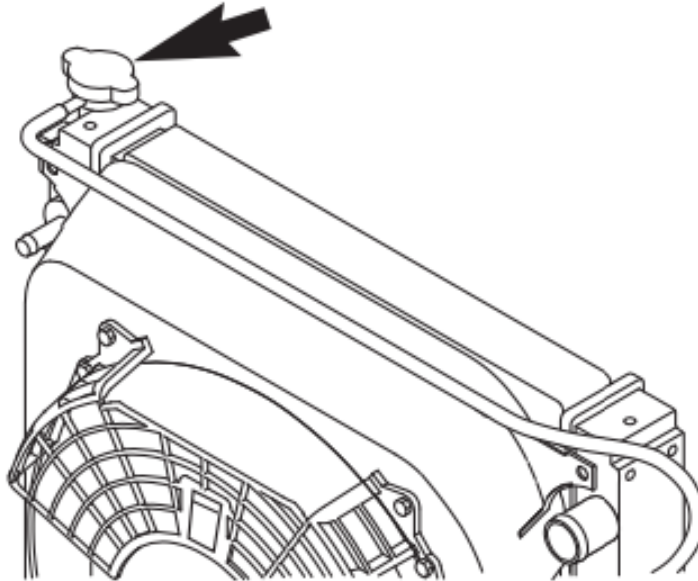
Figura 59. **Mangueras del radiador**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-50.

- Revisar el tapón del radiador

Figura 60. **Tapón del radiador**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-51.

4.6. Datos del servicio de mantenimiento

Los datos de mantenimiento están formados por la tabla de inspección, lubricación y sustitución periódica de las piezas muestra los intervalos requeridos.

4.6.1. Lubricantes

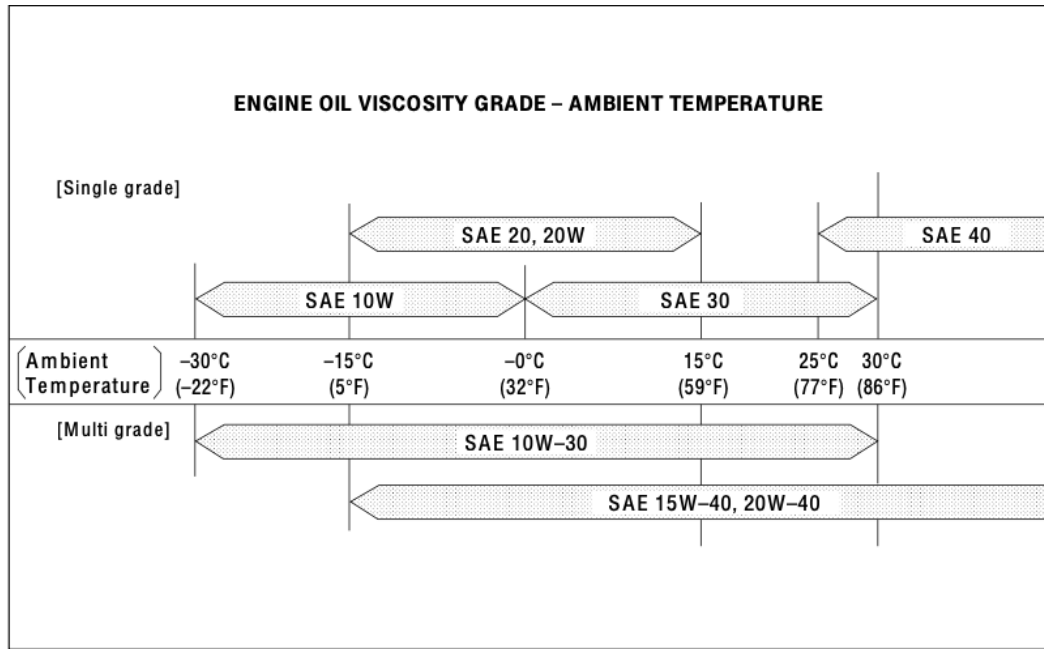
Se deben utilizar los lubricantes recomendados por el fabricante para garantizar un buen desempeño del equipo.

Tabla III. **Lista de lubricantes**

Tipo de lubricante		Especificaciones
Motor	Combustible	Diesel
	Lubricante	SAE 10W 30 SAE 15W40 SAE 30 API SD/SE/SF API CC/CD
Aceite de transmisión manual		SAE 90 SAE 140 API GL-4
Líquido de frenos		DOT 3
Aceite de convertidor de torsión		Dexron II o equivalente
Aceite hidráulico		Aceite de turbina
Grasa		Grasa
Grasa especial		Grasa de disulfuro de molibdeno
Refrigerante de larga vida		Tipo etileno glicol sin boro

Fuente: elaboración propia.

Figura 61. **Temperatura de trabajo de lubricantes**

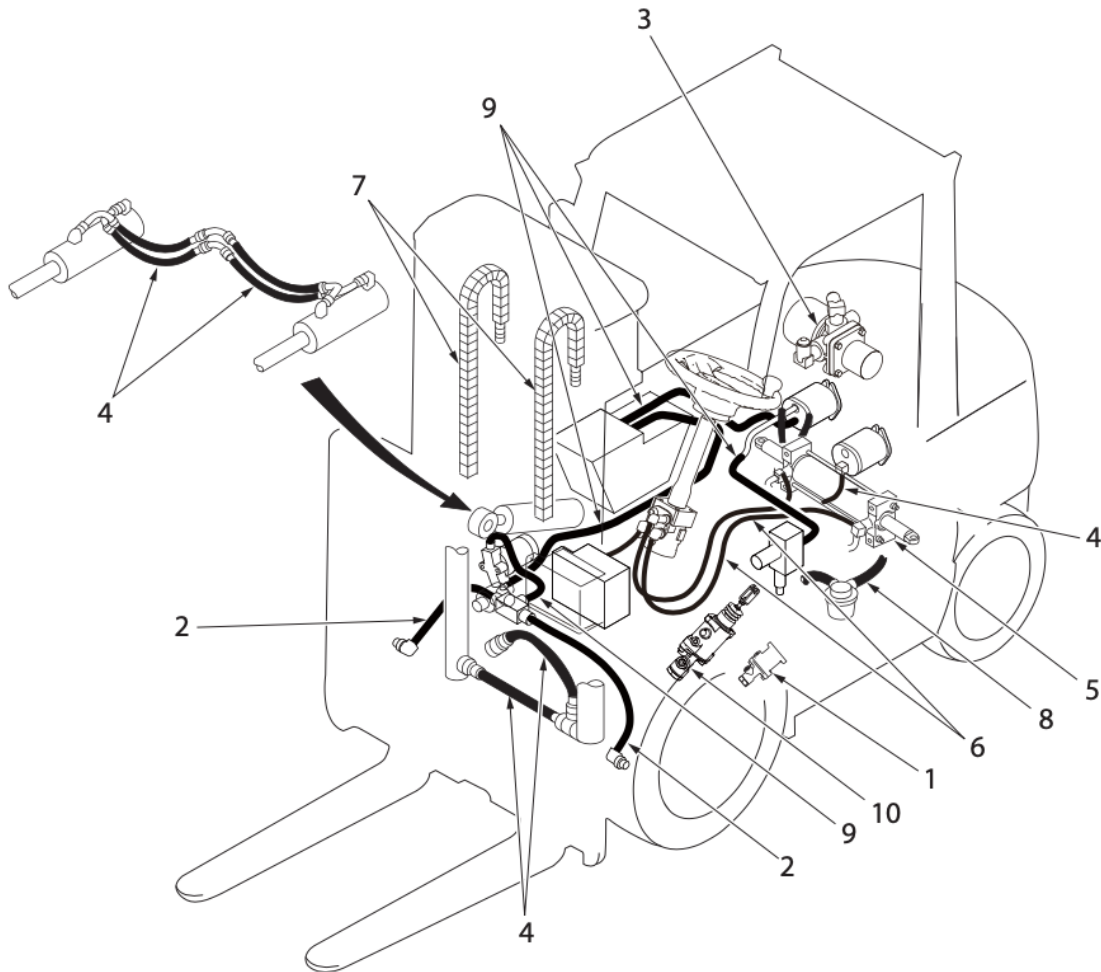


Fuente: Isuzu. *Manual de mantenimiento motor 4JB1*. p. 27.

4.6.2. **Piezas de reemplazo periódico**

Muchas de estas las piezas aún se encuentran en buen estado, pero debido al desgaste normal se recomienda realizar su reemplazo para garantizar el buen funcionamiento del equipo y así evitar una posible falla.

Figura 62. **Piezas de reemplazo periódico**



Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-53.

Tabla IV. **Piezas de reemplazo periódico**

Ref. No.	Pieza a reemplazar	Intervalo de reemplazo
1	Manguera y piezas de goma del cilindro maestro de freno.	2 400 horas de servicio o 1 año, lo que ocurra primero.
2	Piezas de goma de los cilindros de rueda de freno.	2 400 horas de servicio o 1 año, lo que ocurra primero
3	Piezas de goma vaporizador para LP-Gas.	6000 horas de servicio o 30 meses, lo que ocurra primero.
4	Mangueras de alta presión del sistema hidráulico.	2 400 a 4 000 horas de servicio o de 1 a 2 años, lo que ocurra primero.
5	Manguera y piezas de goma del cilindro de dirección asistida.	4 000 horas de servicio o 2 años, lo que ocurra primero.
6	Manguera hidráulica del cilindro de dirección.	4 000 horas de servicio o 2 años, lo que ocurra primero.
7	Cadena de elevación.	4 000 a 8 000 horas de servicio o de 2 a 4 años, lo que ocurra primero.
8	Manguera de combustible.	4 000 a 8 000 horas de servicio o de 2 a 4 años, lo que ocurra primero,
9	Manguera de freno y piezas de goma del sistema de freno de disco húmedo.	2 400 horas de servicio o 1 año, lo que ocurra primero.
10	Piezas de goma de la válvula de freno.	2 400 horas de servicio o 1 año, lo que ocurra primero.

Fuente: Mitsubishi Forklift Truck. *Manual de mantenimiento*. p. 11-51.

4.7. Control de inventario

El control de inventario se refiere a los procesos que ayudan al suministro, accesibilidad y almacenamiento de productos en alguna compañía para minimizar los tiempos y costos relacionados con el manejo de este.

Representa una inversión y la cantidad de inventario es muy importante. Por ello, es necesario organizar un sistema económico en el inventario, de manera que la cantidad de inventario que se mantenga sea la necesaria para atender la demanda, para que la inversión se convierta en la más económica posible.

Considerando que el equipo de montacargas consume una cantidad considerable en repuestos y por su demanda en la utilización de operación de la empresa, lo hace un equipo crítico.

4.7.1. Beneficios de ejercer un buen control de inventario

- Información relevante y vigente sobre las existencias, para mejores tomas de decisiones.
- Acentúa la efectividad de la compañía y la eficiencia de sus procedimientos.
- Incrementa la calidad de servicio al cliente.
- Optimiza la inversión de recursos (económicos, humanos y temporales).
- Permite tener un mejor conocimiento y control de las entradas, salidas y localización de mercancía.
- Se reducen pérdidas, se optimiza el espacio en almacén y aumenta la atención sobre las existencias (reconociendo posibles robos y mermas).

4.7.2. Costos de inventario

El inventario representa costos del espacio físico que se ocupa y espacio que se mantiene vacío del almacén o bodega, costo financiero del valor total de la mercancía en almacén, costos de seguros e impuestos con relación al valor del inventario que se maneja y costos por obsolescencia que es el que generan los productos que por alguna razón de tiempo u otra, se deterioran, o dejan de utilizarse por diversas razones.

5. CONTROL DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO

El control del trabajo de mantenimiento se basa en la calidad del proceso al realizar el trabajo, asegura la operación en óptimas condiciones de los equipos.

Un proceso es una secuencia de pasos que transforma un conjunto de entradas o insumos en un conjunto de salidas o productos. Las principales entradas al proceso de mantenimiento son las siguientes:

- Procedimiento y normas de mantenimiento

Seguir los procedimientos y las normas para controlar el trabajo asegura la calidad, deben ser claras y lógicas.

- Personal

El personal calificado es esencial para un mantenimiento de alta calidad. El técnico calificado desempeña una función clave en el mantenimiento, el nivel de destreza, capacitación, motivación, actitud, ambiente de trabajo, experiencia, son factores importantes que deben mantenerse al máximo a fin de mejorar la calidad del trabajo de mantenimiento.

- Materiales y repuestos

Los materiales y repuestos de calidad son indispensables para garantizar el buen funcionamiento de los equipos y evitar alguna falla dentro de los mismo.

- Equipo y herramientas

La disponibilidad de equipo y herramientas adecuadas juegan un papel importante al momento de realizar cualquier trabajo de mantenimiento, esto garantizará la precisión y seguridad de cada tarea realizada.

5.1. Resultados obtenidos

Sin duda alguna, un plan de mantenimiento preventivo genera ventajas, como prevención de averías, reducción de costos, reducción de tiempo muerto invertido en reparaciones, prolongación de la vida de los equipos, disponibilidad de equipos al mantenerlos en condiciones óptimas.

Además de las ventajas mencionadas, se puede lograr que no haya ninguna avería e involucrar la mejora continua desde el técnico de mantenimiento hasta el operador del equipo. Esto permite el conocimiento a fondo de los equipos y reaccionar a tiempo, ante cualquier suceso inesperado.

5.2. Sistema de control de programa de mantenimiento

Un sistema computarizado facilita llevar el control eficiente del programa de mantenimiento, ahorra tiempo al generar ordenes de trabajo, control de inventario, costos de mantenimiento, ordenamiento del trabajo para asignación de técnicos.

Algunas ventajas de llevar el control de las operaciones de mantenimiento por medio de una computadora son:

- Manipulación de datos

- Transmisión y recuperación de información
- Normalizar los datos reportados

5.2.1. Recopilación de datos sobre fallas y reparaciones frecuentes

La recopilación de datos de fallas de los equipos y frecuencia de las reparaciones puede servir para algunos puntos importantes:

- Llevar un historial de fallas para realizar posibles modificaciones, cambio de marca en repuestos, lubricantes y prevenir dichas fallas a futuro.
- Los datos se pueden utilizar para adecuar el inventario de repuestos para el equipo.
- Priorizar piezas para reemplazar en la unidad y darle un mejor seguimiento, anticipando paros inesperados.
- Realizar un análisis comparativo de equipos similares con diferentes proveedores, lo cual puede mejorar la selección en la adquisición futura de nuevos equipos.

5.2.2. Historial de equipo

El historial de máquina y registro de mantenimiento es fundamental dentro del departamento de mantenimiento, no importa cuántas personas roten dentro del departamento a lo largo del tiempo; si se mantiene actualizado el historial de máquina podrán llevar un buen control del programa de mantenimiento.

Registrar las reparaciones y averías de la máquina, ayudará a conocer la vida útil de los equipos y prevenir fallas futuras anticipándose a los eventos.

Es importante que, además del historial de mantenimiento, se cuente con los manuales de servicio, catálogos de equipo, planos de las instalaciones para facilitar el acceso a la información y formar un buen *récord* dentro del departamento de mantenimiento.

5.3. Contabilidad de costos de mantenimiento

Para llevar un control de inversión dentro del departamento de mantenimiento se debe contar con un supervisor, quien tendrá relación directa con los técnicos y decidirá sobre la inversión, según los requerimientos y necesidades del área de mantenimiento.

Sin un control sobre el trabajo proyectado o ejecutado, el jefe de mantenimiento no podrá optimizar los costos, lo cual podría representar gastos innecesarios para la empresa. Para optimizar los costos, es indispensable conocer las principales operaciones de mantenimiento.

Las principales operaciones que se ejecutan son:

- Fallas en el equipo o servicio de mantenimiento de emergencia
- Mantenimiento periódico programado
- Reparaciones por daños accidentales
- Reconstrucción de equipos

Acudir a las llamadas de emergencia en el momento, podría causar gastos adicionales, por ello, se debe analizar el problema y buscar la solución más

conveniente antes de actuar, para evitar pérdidas de recursos adicionales y poder optimizarlos de la mejor manera.

5.4. Índice de confiabilidad

Es un cálculo de la probabilidad de que un sistema, activo o componente, lleve a cabo su función adecuadamente durante un período bajo condiciones de operación previamente definidas y constantes.

Es importante resaltar, que la confiabilidad se establece para un determinado período de tiempo, el cual puede ser semanal, mensual, semestral o anual.

Para el cálculo del índice de confiabilidad se pueden utilizar las siguientes ecuaciones:

$$MTBF = \left[\frac{h_T}{p} \right] \times 100$$

$$MTTR = \left[\frac{h_p}{p} \right] \times 100$$

$$R = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

Donde:

- MTBF: Tiempo medio entre fallas
- MTTR: Tiempo medio para reparación
- hT: Horas trabajadas o de marcha durante el período de evaluación
- hp: Horas de paro durante el período de evaluación
- p: Número de paros durante el período de evaluación
- R: Confiabilidad

El resultado determinará el índice de confiabilidad. Es importante tomar en cuenta que, para llevar un dato confiable, se debe contar con la información del historial de mantenimiento de máquina.

5.5. Capacitación

Las máquinas cada vez cuentan con nuevas y más avanzadas tecnologías, diferentes materiales y diferentes formas de operar. Por eso, es importante capacitar constantemente al personal. Las capacitaciones pueden ser internas y externas, realizadas dentro de las instalaciones, así como fuera de estas.

5.5.1. Capacitación en planta

Las capacitaciones dentro de la planta tienen algunos beneficios como el ahorro en los costos de traslados, tiempo de viaje y disponibilidad de personal en caso de emergencias. Se puede coordinar por medio de personal interno que tenga suficiente experiencia o personal que esté al pendiente de la evaluación de condiciones ideales de personal que se relaciona con los trabajos de mantenimiento o manipulación de equipo. También pueden realizarse con personal externo como instructores o técnicos especializados en cierta

maquinaria específica para poder realizar demostraciones en operación adaptas al uso diario que llevaran.

Muchos proveedores ofrecen esta facilidad para mantener la satisfacción de los equipos a la industria y generar la confianza entre proveedor-cliente. En el caso FACSSA, vale la pena afianzarse de este recurso y aprovecharlo para que el personal se actualice constantemente en el uso y mantenimiento de equipos.

Los supervisores podrán evaluar el desempeño de los técnicos, salir de dudas existentes, solucionar problemas que se puedan presentar y darle un mejor seguimiento al trabajo que realizará cada técnico.

5.5.2. Capacitación fuera de planta

Las capacitaciones fuera de planta pueden ser de dos maneras.

- Clases formales en instituciones técnicas, escuelas y universidades

Las clases dentro de instituciones ayudan a formar, de una mejor manera, la educación de los técnicos. En ellas, se les facilitan datos teóricos y técnicos y se les extiende una constancia donde se le certifica como un técnico calificado.

Este tipo de capacitaciones aportan actualizaciones de tecnologías y equipos que, incluso, pueden no utilizarse aún en las operaciones de la industria o de la empresa, además es una oportunidad de resolver dudas o aprender métodos y procedimientos que faciliten los trabajos de mantenimiento, o detectar deficiencias de estos para la aplicación de acciones correctivas en los procesos.

El acceso a instalaciones de universidades o instituciones técnicas, en muchas ocasiones, tiene la ventaja de contar con equipo de prueba, para llevar a cabo una interacción más amigable y realista con el uso y mantenimiento de maquinaria, así como la capacitación técnico-teórica necesaria.

- Conferencias y seminarios

Las conferencias y seminarios son eventos que tienen poca duración, pero están dirigidos a ciertos temas específicos en los cuales participan expertos en el tema. Se puede conocer nuevos productos en el mercado del mantenimiento así como actualizaciones en temas de maquinaria que pueden ser relevantes en cuanto a mantenimiento.

CONCLUSIONES

1. Para identificar los problemas más recurrentes y fallas, es necesario realizar dicha identificación por medio de un historial de máquina con la ayuda de los técnicos y operadores de equipo, conocer el estado actual de cada equipo y realizar mejoras en los procedimientos de mantenimiento reduciendo los tiempos de trabajo y evitando paros innecesarios.
2. Al contar con un plan de mantenimiento preventivo se logrará reducir los tiempos muertos por paros de emergencia innecesarios en el proceso, lo cual ayudará a mantener el nivel de productividad y reducir costos de operaciones.
3. Es importante establecer procedimientos de mantenimiento preventivo para los montacargas, además de contar con la información técnica del fabricante (manuales de operación, manuales de servicio, manuales de partes), se deberá tomar en cuenta las condiciones de trabajo a las que se someterá cada equipo y saber que se espera en cada condición.
4. Capacitar el personal es importante debido a los cambios constantes de tecnología el personal debe que estar actualizándose constantemente para realizar trabajos de calidad que garanticen el buen funcionamiento del equipo.

RECOMENDACIONES

1. Llevar un control de operaciones y reparación de maquinaria ayudará a la gerencia para la toma de decisiones sobre la reconstrucción o reemplazo de maquinaria con el fin de reducir los costos de operación.
2. Los montacargas deben llevar una inspección más exhaustiva que en otras condiciones o ambientes porque en la industria de construcción la contaminación por polvo y partículas de otros materiales causan un mayor deterioro a los equipos.
3. Invertir en la capacitación y certificación constante de los técnicos con el fin de competir y mejorar continuamente garantizando un trabajo de calidad, generando confianza a los clientes internos y externos.
4. Si no se cuenta con repuestos y lubricantes genuinos, deben utilizarse homólogos de la mejor calidad que cumplan con las especificaciones de los fabricantes.

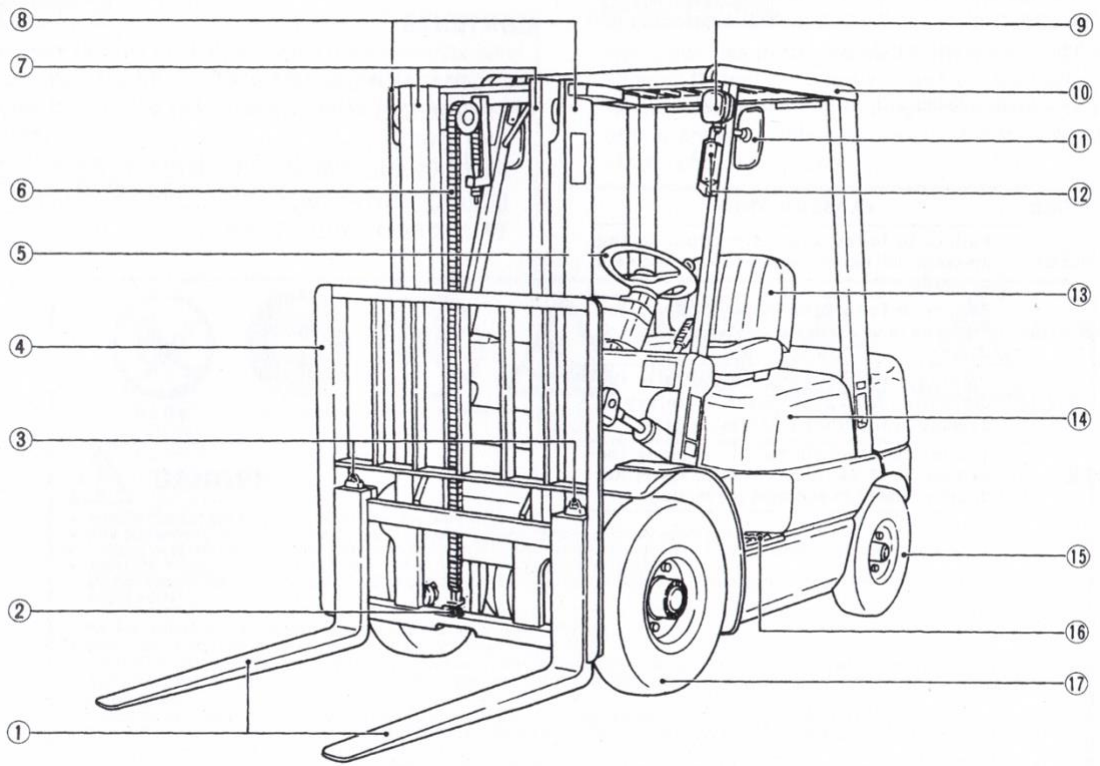
BIBLIOGRAFÍA

1. CONTRERAS ROMERO, Rodolfo Joel. *Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa Talleres y Dragados Bolaños, Tiquisate, Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. en Tecnología Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad Del Valle de Guatemala. 2018, 52 p.
2. GARCÍA GARRIDO, Santiago. *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. Díaz de Santos, 2003. 320 p.
3. HYDER. *Manual de Operación y Servicio montacargas Diésel 1.0-4.0T*. no.4. 2009, 46 p.
4. ISUZU Motors Limited. *Workshop Manual Industrial Diésel Engine A-JA1, A-4JB1*. Tokyo, Japan: Isuzu, 1998. 226 p.
5. MARROQUÍN CRUZ, Melvin Efraín. *Diseño de un programa de mantenimiento para los montacargas de horquilla utilizados en la industria del prefabricado*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala. 2007, 110 p.
6. REYES VILLARUEL, Hipólito Guillermo. *Plan de mantenimiento para la flota de montacargas de la empresa UNIMAQ*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo. 2018, 90 p.

7. SALINAS FIGUEROA, Álvaro. *La ingeniería industrial aplicada al diseño de programas de mantenimiento preventivo a montacargas diésel y gasolina*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Electricista. Escuela de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. 2002, 63 p.

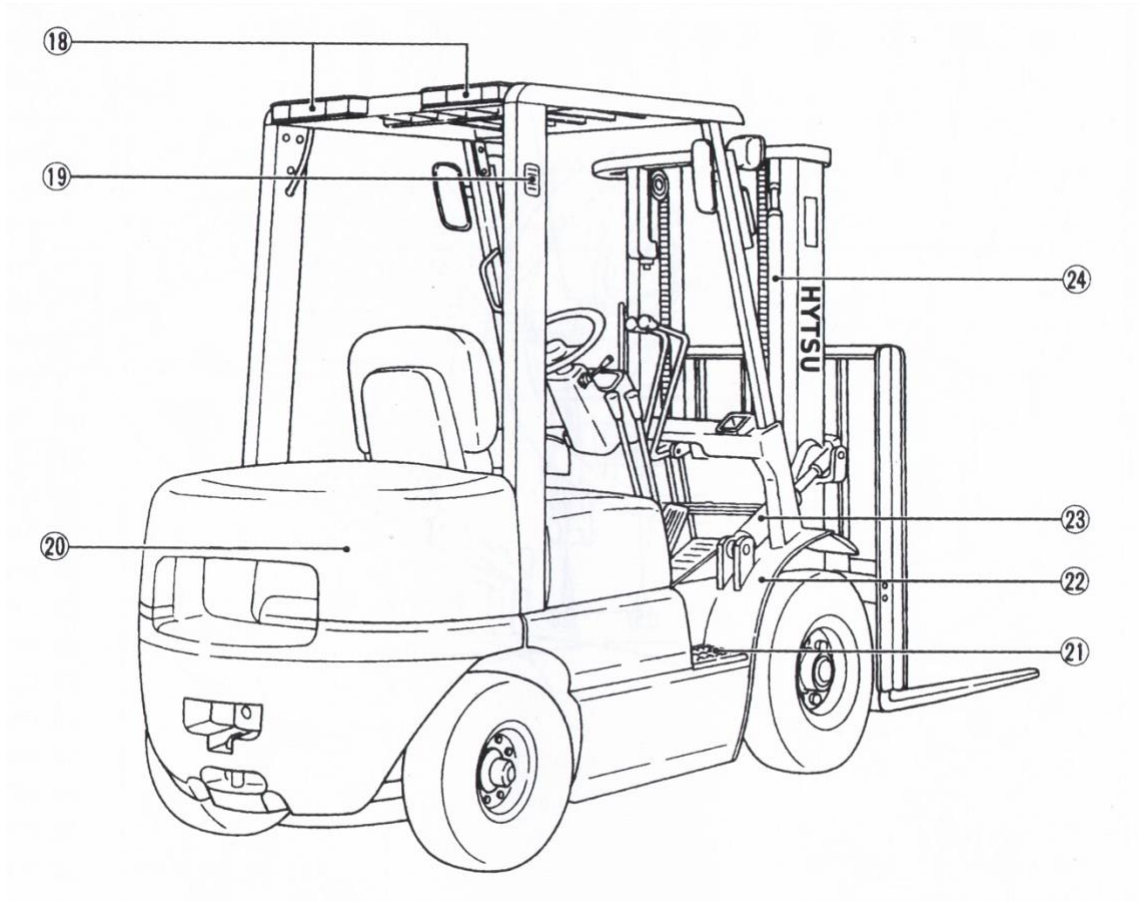
ANEXOS

Anexo 1. Partes del montacargas 1



Fuente: Hyder. *Manual de operaciones de montacargas*. p. 2-2.

Anexo 2. Partes del montacargas 2



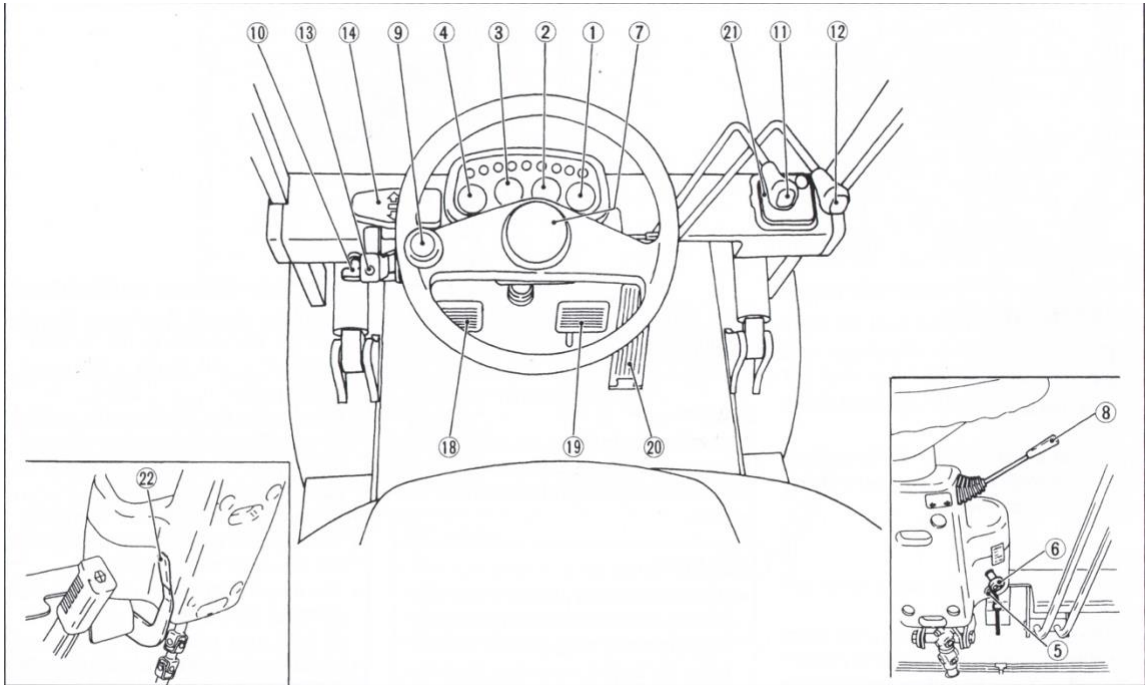
Fuente: Hyder. *Manual de operaciones de montacargas*. p. 2-3.

Anexo 3. Partes del montacargas

No.	Pieza
1	Horquillas
2	Ancla de cadena
3	Tapones de horquillas
4	Respaldo de carga
5	Volante de dirección
6	Cadena de elevación
7	Mástil interno
8	Mástil externo
9	Lámpara superior
10	Protector de cabina
11	Retrovisor
12	Lámpara frontal
13	Asiento de operador
14	Capo
15	Ruedas traseras
16	Paso de seguridad (Izquierdo)
17	Ruedas de dirección
18	Combinación de lámparas traseras
19	Puerto de entrada de aire
20	Contrapeso
21	Paso de seguridad (Derecho)
22	Salpicaderas
23	Cilindro de carga
24	Cilindro de elevación

Fuente: Hyder. *Manual de operaciones de montacargas*. p. 2-3.

Anexo 5. Tipo de transmisión de cambio automático



Fuente: Hyder. *Manual de operaciones de montacargas*. p. 2-5.

Anexo 6 Instrumentos y controles de operación

No.	Descripción
1	Controlador de horas
2	Medidor de temperatura del aceite del convertidor de par
3	Medidor de temperatura de refrigerante
4	Medidor de combustible
5	Switch de arranque
6	Combinación de switch
7	Botón de bocina
8	Señales de giro
9	Volante de giro
10	Apertura de capo
11	Palanca de elevación
12	Palanca de inclinación
13	Freno de aparcamiento
14	Leva de cambio (tipo de cambio automático)
15	Cambio de dirección
16	Cambio de rango de velocidad
17	Pedal de embrague
18	Pedal de marcha
19	Pedal de freno
20	Pedal de aceleración
21	Caja de pines
22	Palanca de inclinación de columna de elevación

Fuente: Hyder. *Manual de operaciones de montacargas*. p. 2-4.