



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA
PESADA EN FUNCIONAMIENTO DE LA ZONA VIAL No. 14, DIRECCIÓN
GENERAL DE CAMINOS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ**

Victor Armando Hernández Cruz

Asesorado por el Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández

Guatemala, junio de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA
PESADA EN FUNCIONAMIENTO DE LA ZONA VIAL No. 14, DIRECCIÓN
GENERAL DE CAMINOS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

VICTOR ARMANDO HERNÁNDEZ CRUZ

ASESORADO POR EL ING. VÍCTOR MANUEL RUIZ HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortiz Herinx
SACRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Edgar Rolando Pinzón Trangay
SACRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA
PESADA EN FUNCIONAMIENTO DE LA ZONA VIAL No. 14, DIRECCIÓN
GENERAL DE CAMINOS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 10 de noviembre de 2008.



Victor Armando Hernández Cruz

Guatemala, 07 de octubre de 2,009.

Ing. Julio Cesar Campos Paíz
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paíz:

Me dirijo a usted con relación al trabajo de graduación presentado por el estudiante universitario **VICTOR ARMANDO HERNÁNDEZ CRUZ**, titulado: **“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA EN FUNCIONAMIENTO DE LA ZONA VIAL No. 14, DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ”**, para el cual acepté en nombramiento de asesor.

Tengo la satisfacción de informarle que en esta fecha he terminado la asesoría de dicho trabajo de graduación, y después de las revisiones necesarias considero que el mismo está apto para su trámite final, en consecuencia me permito aprobar dicho trabajo de graduación, para los efectos de graduación del autor.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted,

Atentamente,



Víctor Manuel Ruiz Hernández
Ingeniero Mecánico
Colegiado No. 4,620
Asesor



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 18 de marzo de 2010
REF.EPS.DOC.247.03.10.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

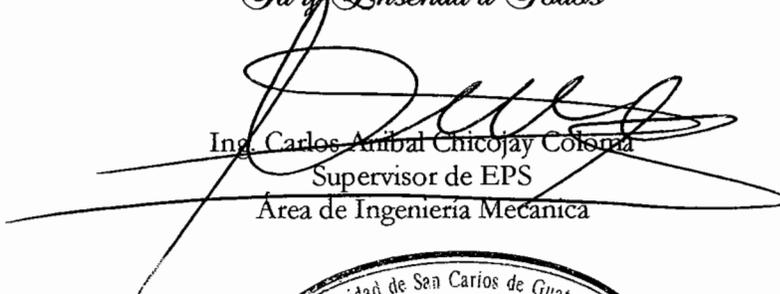
Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Victor Armando Hernández Cruz** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. **199923880**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA EN FUNCIONAMIENTO DE LA ZONA VIAL No. 14, DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Carlos Amibal Chicojay Colonna
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
EESZ/ra





UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 18 de marzo de 2010
REF.EPS.D.543.03.10

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

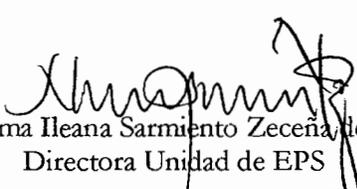
Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a-la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA EN FUNCIONAMIENTO DE LA ZONA VIAL No. 14, DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Victor Armando Hernández Cruz** quien fue debidamente asesorado por el Ing. Victor Manuel Ruíz Hernández y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación de la directora del Ejercicio Profesional Supervisado, E.P.S., al Trabajo de Graduación titulado **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA EN FUNCIONAMIENTO DE LA ZONA VIAL NO. 14, DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ**, del estudiante Victor Armando Hernández Cruz, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, abril de 2010.

JCCP/behdei



El Decano 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: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA EN FUNCIONAMIENTO DE LA ZONA VIAL No. 14, DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ,** presentado por el estudiante universitario **Victor Armando Hernández Cruz,** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olymbo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, junio de 2010



/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala, por darme la oportunidad de ser un profesional que contribuya al engrandecimiento de nuestra nación.

La Facultad de Ingeniería, por brindarme los conocimientos necesarios para aplicarlos en la realización de este trabajo, así como mi reconocimiento hacia su personal docente.

Sin ánimos de olvidar a nadie en particular, a todas aquellas personas que de una u otra forma han compartido mi vida durante el transcurso de estos últimos años, mi más sincero agradecimiento a su comprensión, estímulo y ayuda, ya que todos son parte de mi vida.

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS:** Con todo mi amor y cariño, ya que me diste la oportunidad de vivir y regalarme una familia maravillosa y porque Él da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia.
- MIS PADRES:** Víctor Gerardo Hernández Tecú y Editt Emilse Cruz Izaguirre, gracias porque han estado conmigo en todo momento y por creer en mí.
- MIS HERMANOS:** Mariana del Carmen y Luis Gerardo, gracias por su apoyo en todo momento y que mi triunfo les sirva para seguir adelante.
- MIS FAMILIARES:** Abuelitos, tíos y primos aunque no mencione el nombre de cada uno de ustedes, gracias por su ayuda y apoyo en todo momento.
- MIS AMIGOS:** Igual los quisiera mencionar a todos, pero ustedes saben que les agradezco su amistad y compañía.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala, por darme la oportunidad de ser un profesional que contribuya al engrandecimiento de nuestra nación.

La Facultad de Ingeniería, por brindarme los conocimientos necesarios para aplicarlos en la realización de este trabajo, así como mi reconocimiento hacia su personal docente.

Sin ánimos de olvidar a nadie en particular, a todas aquellas personas que de una u otra forma han compartido mi vida durante el transcurso de estos últimos años, mi más sincero agradecimiento a su comprensión, estímulo y ayuda, ya que todos son parte de mi vida.

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS:** Con todo mi amor y cariño, ya que me diste la oportunidad de vivir y regalarme una familia maravillosa y porque Él da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia.
- MIS PADRES:** Víctor Gerardo Hernández Tecú y Editt Emilse Cruz Izaguirre, gracias porque han estado conmigo en todo momento y por creer en mí.
- MIS HERMANOS:** Mariana del Carmen y Luis Gerardo, gracias por su apoyo en todo momento y que mi triunfo les sirva para seguir adelante.
- MIS FAMILIARES:** Abuelitos, tíos y primos aunque no mencione el nombre de cada uno de ustedes, gracias por su ayuda y apoyo en todo momento.
- MIS AMIGOS:** Igual los quisiera mencionar a todos, pero ustedes saben que les agradezco su amistad y compañía.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Antecedentes de la zona vial	1
1.2 Descripción de la zona vial	4
1.2.1 Métodos de trabajo	5
1.2.2 Nivel jerárquico	6
1.2.2.1 Atribuciones de la sección de maquinaria	6
1.2.2.2 Inspector de maquinaria	6
1.2.2.3 Auxiliar de jefe de maquinaria	7
1.2.2.4 Secretario	7
1.2.2.5 Encargado de inventario	8

1.2.3 Estado actual	10
1.3 Descripción de maquinaria pesada	10
1.3.1 Características básicas	11
1.3.1.1 Tractor de cadena	25
1.3.1.2 Motoniveladora	30
1.3.1.3 Cargador frontal	33
1.3.1.4 Vibrocompactadora	35
1.4 Diagnostico de la maquinaria	37
2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL	39
2.1 Definición de mantenimiento	39
2.1.1 Tipos de mantenimiento	40
2.1.1.1 Mantenimiento por avería	40
2.1.1.2 Mantenimiento predictivo	41
2.1.1.3 Mantenimiento preventivo	42
2.1.1.4 Mantenimiento correctivo	42
2.1.1.5 Mantenimiento proactivo	43
2.2 Plan de mantenimiento de la maquinaria	44
2.2.1 Tipos de lubricantes	44

2.2.1.1 Hidrodinámica	46
2.2.1.2 Limpieza del lubricante	48
2.2.1.3 Grasas lubricantes	49
2.2.1.4 Penetración	49
2.2.2 Viscosidad de los lubricantes	50
2.2.2.1 Bombeabilidad	52
2.2.2.2 Especificaciones de los lubricantes	53
2.2.2.2.1 Aceite de motor	54
2.2.2.2.2 El aceite hidráulico	55
2.2.2.2.3 El aceite para transmisión y convertidor	57
2.2.2.2.4 El aceite para diferenciales	58
2.2.2.2.5 El aceite para los cubos planetarios	59
2.2.3 Recomendaciones de conservación	59
2.2.4 Capacidad de llenado	61
2.2.5 Tren de rodaje	65
2.2.6 Periodos de servicio	71
2.2.6.1 Cuando sea necesario	71
2.2.6.2 Diariamente o cada 10 horas	75
2.2.6.3 Semanalmente o cada 50 horas	78
2.2.6.4 Mensualmente o cada 250 horas	79

2.2.6.5 Trimestralmente o cada 500 horas	82
2.2.6.6 Semestralmente o cada 1000 horas	86
2.2.6.7 Anualmente o cada 2000 horas	88
2.2.7 Fichas de control de mantenimiento	93
2.2.7.1 Ficha individual de maquina	99
2.2.7.2 Historia de fallas y averías	100
2.2.7.3 Ficha de control de inspección de maquinaria	103
2.2.7.4 Fichas de orden de trabajo	110
2.2.7.5 Fichas de repuestos utilizados	112

3. FASE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

3.1 Contenido	113
3.1.1 Ítems de trabajo de mantenimiento	113
3.1.1.1 Sistema de combustible	113
3.1.1.2 Sistema hidráulico	114
3.1.1.3 Sistema de admisión de aire	114
3.1.1.4 Sistema eléctrico	114
3.1.1.5 Sistema de enfriamiento	115
3.1.1.6 Niveles de aceite	115

CONCLUSIONES	117
RECOMENDACIONES	119
BIBLIOGRAFÍA	123

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Ubicación de las zonas viales	3
2	Distribución de la red de la Zona Vial No. 14	4
3	Organigrama de la Zona Vial No. 14	9
4	Vista de un bloque de cuatro y seis cilindros con su culata	13
5	Eje de levas	14
6	Eje de cigüeñal para motores de cuatro y seis cilindros	14
7	Partes de un pistón	15
8	Servo transmisión	18
9	Convertidor de par	19
10	Mandos finales	20
11	Bomba de engranajes	23
12	Bomba de paletas	23
13	Bomba de pistones	24
14	Tractor de cadena	25
15	Marco con su cuchilla o cucharón	26
16	Riper de tres dientes	27

17	Tractor D6H	28
18	Partes del sistema de dirección de un tractor D6H	29
19	Motoniveladora	30
20	Partes de una motoniveladora	31
21	Cargador frontal	33
22	Altura y longitudes de los cargadores	35
23	Vibrocompactadora	36
24	Vibrocompactadora vista lateral y aérea	37
25	Conservación de los aceites	60
26	Partes de las cadenas	65
27	Rodaje de tractor	66
28	Eslabón de cadena seccionado	68
29	Cadena sellada y lubricada	69
30	Rejilla de admisión de aire y crisol cargador 930	72
31	Indicador de filtro tractor D6H	72
32	Filtro primario cargador 930	73
33	Filtro secundario tractor D6H	74
34	Nivel de aceite de motor Cargador Frontal 930	76
35	Nivel de aceite hidráulico Cargador Frontal 930	76
36	Nivel de aceite de la transmisión tractor D6H	77

37	Filtro primario de agua	85
38	Drenaje y llenado de aceite de mandos finales cargador 930	89
39	Drenaje y llenado de aceite del diferencial cargador 930	89
40	Llenado de aceite del diferencial trasero cargador 930	90
41	Caja de mando de tornamesa motoniveladora 120G	91
42	Tándem motoniveladora Champion 710 ^a	91
43	Verificación de nivel de aceite del tándem	92

TABLAS

I	Inventario de la maquinaria en la Zona Vial No. 14	38
II	Viscosidad – Temperatura ambiente para motores	55
III	Viscosidad – Temperatura ambiente para el sistema hidráulico	56
IV	Viscosidad – Temperatura ambiente para transmisión	58
V	Viscosidad – Temperatura ambiente para diferenciales	58
VI	Capacidad de llenado Tractor Caterpillar D6H	61
VII	Capacidad de llenado Tractor Fiat Allis 14C	62
VIII	Capacidad de llenado Motoniveladora Champion 710A	62
IX	Capacidad de llenado Motoniveladora Caterpillar 120G	63
X	Capacidad de llenado Cargador Frontal Caterpillar 930	63

XI	Capacidad de llenado cargador frontal Fiat Allis FR12B1995	64
XII	Capacidad de llenado Vibrocompactadora Toma Terra	64
XIII	Ficha de control de mantenimiento (50 hrs.)	93
XIV	Ficha de control de mantenimiento (250 hrs.)	95
XV	Ficha de control de mantenimiento (1000 hrs.)	97
XVI	Ficha de descripción individual de maquina	99
XVII	Ficha de historial de fallas y averías	101
XVIII	Ficha de inspección de maquinaria	104
XIX	Ficha de orden de trabajo	110
XX	Ficha de trabajo realizado	111
XXI	Ficha de repuestos y lubricantes utilizados	112

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Símbolo de porcentaje
ADD	Añadir
API	Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute)
ASTM	Sociedad Americana para prueba de materiales (American Society for testing materials)
B.V.	Baja Verapaz
C.A.	Centro Americana
CCMC	Organización de Fabricantes Europeos
cm	Centímetros
D.G.C.	Dirección General de Caminos
DS, DG, DM	Clasificación de aceites, para uso en motores diesel
E.P.	Extrema presión
In	Pulgadas
lb/pul²	Libra por pulgada cuadrada (presión)
Low	Bajo
MIL	Especificaciones Militares de los Estados Unidos
ML, MM, MS	Clasificación de aceites, para uso en motores gasolina

mm	Milímetros
NLGI	Instituto Nacional de Grasas y Lubricantes
No.	Número
°C	Grados centígrados
°F	Grados Fahrenheit
PSI	Unidad de presión (libra por pulgada cuadrada)
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices

GLOSARIO

ABOVEDADO:	Forma curva de una carretera.
ADITIVOS:	Elementos naturales o químicos que se añaden a un producto para añadir o potenciar alguna de sus características. Se utilizan en los lubricantes, combustibles, líquidos refrigerantes, etc.
ALCALINIDAD:	Es la capacidad ácido neutralizante de una sustancia química en solución acuosa
ANTICONGELANTE:	Líquido utilizado en el circuito de refrigeración del motor que desciende el punto de congelación del agua.
BOMBA:	Artefacto para mover fluidos y gases.
BORNE:	Es el nombre dado en electricidad a cada uno de las terminales de metal en que suelen terminar algunas máquinas y aparatos eléctricos, y que se emplean para su conexión a los hilos conductores.
BUJE:	Pieza metálica que se coloca en ciertas piezas de maquinarias y ruedas para protegerlas del roce interior del eje.
CAUDAL:	Es la cantidad de fluido que pasa por un lugar en una unidad de tiempo.
CAVITACIÓN:	Es un efecto hidrodinámico que se produce cuando el agua o cualquier otro fluido en estado líquido pasa a gran

velocidad por una arista afilada, produciendo una descompresión del fluido

CEBAR: Cargar de combustible una máquina o cualquier dispositivo para que funcione.

CHAMBER: Cámara.

CIZALLAMIENTO: Se refiere a la tensión de corte y es aquella que, fijado un plano, actúa tangente al mismo.

COJINETE: Es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

COMBUSTIÓN: La combustión es una reacción química en la que un elemento (combustible) se combina con otro (comburente, generalmente oxígeno en forma de O_2 gaseoso), desprendiendo calor y produciendo un óxido.

CORROSIÓN: Ataque químico y electroquímico gradual sobre un metal producido por la atmósfera, la humedad y otros agentes.

DESARRAIGAR: Arrancar de raíz una planta o un árbol.

DISOLVENTE: Es una sustancia que permite la dispersión de otra en su seno.

DRENAR: Es cualquier medio por el que el agua contenida en una zona fluye a través de una superficie.

EFICACIA: Es la capacidad de lograr un efecto deseado o esperado.

EMBRAGUE: El embrague es un sistema que permite transmitir una energía mecánica a su acción final.

EMPERNADO:	Atornillado.
ENSAYO NO DESTRUCTIVO:	Cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales.
EROSIÓN:	Proceso de sustracción o desgaste de material.
ESCARIFICADO:	Consiste en "arañar" superficialmente el terreno para romper y eliminar todo lo posible.
ESTATOR:	Un estator es una parte fija de una máquina rotativa, la cual alberga una parte móvil (rotor).
EXTREMA PRESIÓN:	En aditivos se refiere al utilizado para ayudar a crear una película que reduce la soldadura de las virutas bajo presiones altas.
FRENO:	Un freno es un dispositivo utilizado para detener o disminuir el movimiento de algún cuerpo, generalmente, un eje, árbol o tambor.
FRICCIÓN:	Fuerza que se opone al movimiento
FUSIBLE:	Es un dispositivo que se funde cuando la intensidad de la corriente supera por un corto circuito o un exceso de carga un determinado valor.
HIDROSTÁTICO:	Se refiere a fluidos donde no existan fuerzas que alteren su movimiento o posición.
INHIBIDOR:	Cualquier sustancia que reduce o previene las reacciones químicas de corrosión o de oxidación.
HOUSING:	Caja o contenedor.

FLUIDO NO NEWTONIANO:	Es aquél cuya viscosidad varía con la tensión cortante que se le aplica. Como resultado, un fluido no-newtoniano no tiene un valor de viscosidad definido y constante.
MULTIGRADO:	Aceite lubricante para motores que no varía sus propiedades con el cambio de temperatura.
MUÑÓN:	Parte del cigüeñal donde es alojado este sobre el block y donde se alojan las bielas, se mantienen en movimiento giratorio.
OXIDACIÓN:	Degeneración por el ataque del oxígeno a un material o lubricante.
PAR MOTOR:	Es la fuerza que es capaz de ejercer un motor en cada giro.
PERALTE:	Es la pendiente transversal que se da en las curvas a la calzada de una carretera, con el fin de compensar con una componente de su propio peso la inercia del vehículo.
POLIURETANO:	Es un polímero que se obtiene mediante condensación de polioles combinados con poliisocianatos. Se subdivide en dos grandes grupos, termoestables y termoplásticos.
RADIADOR:	Elemento utilizado en los motores refrigerados por líquido para realizar el intercambio de calor entre el líquido refrigerante y la atmósfera.
REFRIGERANTE:	Es un producto químico que se emplea para producir refrigeración, y esta a su vez es el proceso de reducción y mantenimiento de la temperatura de un objeto o espacio.
REVOLUCIÓN:	Rotación.

SARRO:	Acumulación de sales.
SEDIMENTO:	Es un material sólido, acumulado sobre la superficie
TÁNDEM:	Se le llama así al uso de dos ruedas consecutivas en camiones y motoniveladoras para ofrecer mejor tracción y soportar la carga.
TERMOGRAFÍA:	La termografía es una técnica que permite medir temperaturas exactas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar.
TORNAMESA:	Engranaje planetario de gran diámetro que mueve la cuchilla de una motoniveladora.
TURBINA:	Éstas son máquinas de fluido, a través de las cuales pasa un fluido en forma continua y este le entrega su energía a través de un rodete con paletas o álabes.
TURBOALIMENTADOR:	Un dispositivo de supercarga, que usa gases de escape para girar una turbina que fuerza mezcla adicional, de aire/combustible en los cilindros.
VÁLVULA:	Un dispositivo que controla la dirección del fluido o la tasa de flujo.
VISCOSIDAD:	Medida de la resistencia de un líquido a fluir.
ZAPATA:	Piezas formadas por un soporte, que se acopla a la leva de freno, y un compuesto especial que fricciona con el elemento a frenar.

RESUMEN

El presente trabajo es un plan de mantenimiento para los diferentes tipos de maquinaria y equipos de construcción de carreteras. Entre el contenido se puede encontrar información sobre la zona vial, descripción de la maquinaria, los distintos tipos de mantenimiento, plan de mantenimiento de la maquinaria y los períodos de servicio.

El funcionamiento de la maquinaria pesada es a través del motor de combustión interna, el cual por medio de una transmisión hace que se accione el convertidor par, cajas y bombas que mandan presión hidráulica a los mandos finales, cilindros de levante, implementos y accesorios de trabajo de la maquinaria.

Es notorio que la función de cualquier mantenimiento es prolongar la vida de servicio de cualquier maquinaria o equipo; se ha llegado a determinar que un mantenimiento preventivo es lo más correcto y económico, ya que se basa en la organización de planes; para su ejecución es necesario ejecutar el servicio al equipo, una vez que se ha cumplido un lapso de servicio, según el calendario y horas trabajadas. Esto ayudará a prevenir fallas prematuras.

Es necesario que en todo plan de mantenimiento preventivo se haga un registro fiel de los trabajos o servicios que se han realizado a cualquier maquinaria o equipo consecutivamente. Se deben tener siempre a la mano y al día, para cualquier chequeo o revisión que se desee; deben ser ordenados para poder efectuar una fácil lectura, legibles para todo el personal que elabore el servicio o mantenimiento, y así poder efectuar un análisis antes de efectuar un próximo trabajo.

Para enumerar las partes de la maquinaria, que necesitan de una lubricación periódica, la cual sería una labor prolongada, ya que se tendrían que tomar en cuenta las partes lubricadas con grasa o aceite, y que pueden ser o no comunes en las distintas máquinas. El aceite de motor lubrica todos sus componentes internos y en algunos casos puede lubricar la caja de engranajes de transferencia; otras usan el aceite de transmisión para enfriar los cojinetes y los discos de embragues de dirección, así como poder accionar el convertidos par; otras usan el mismo aceite del diferencial para la lubricación de los mandos finales, por lo cual es aconsejable que para realizar dichos trabajos, se llegue a adquirir un conocimiento de los sistemas de lubricación de cada máquina y su funcionamiento y detención de fallas, ya que de lo contrario se estaría implementando un mantenimiento no adecuado a la maquinaria.

OBJETIVOS

GENERALES:

1. Desarrollar una propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada en funcionamiento de la Zona Vial No. 14.
2. Capacitar al personal en la operación, la reparación y el mantenimiento de la diferente maquinaria pesada en funcionamiento.

ESPECÍFICOS:

1. Contribuir con actividades para el mejor desempeño de la Zona Vial.
2. Colaboración en la resolución de los problemas técnicos y administrativos que permitirán un mejor mantenimiento de la maquinaria pesada.
3. Evitar el deterioro que sufre la maquinaria pesada.
4. Elaboración de manuales y/o fichas técnicas de cada una de los diferentes tipos de maquinaria pesada.

INTRODUCCIÓN

En la Zona Vial No. 14, Dirección General de Caminos ubicada en Salamá, Baja Verapaz, se desarrolló una propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada en funcionamiento de dicha Zona Vial.

En la maquinaria pesada, es de suma importancia conocer el funcionamiento y operación, así como aumentar su rendimiento, reducir los costos de servicios de mantenimiento, para alargar la vida de servicio basándose en el estudio y sugerencias, las cuales servirán para mejorar las normas de mantenimiento y cumplir con los objetivos, para los cuales fue diseñada dicha maquinaria.

Un buen plan de mantenimiento preventivo podrá llegar a ser exitoso, siempre y cuando las personas que estén involucradas en él, tanto operarios como encargados del mantenimiento de las mismas, persigan el fin del cumplimiento de las recomendaciones dadas, tanto por el fabricante como el de personas con experiencia.

En el presente trabajo, en el capítulo primero, se hace una descripción general de la Zona Vial, de su departamento de maquinaria, de los diferentes tipos de maquinaria para movimientos de tierra, de todas las partes y componentes principales de las máquinas, así como un diagnóstico del estado actual de la maquinaria.

El capítulo segundo contiene la elaboración del plan de mantenimiento, basándose en los períodos de servicio, contiene una descripción de los lubricantes que se van a utilizar, así como su capacidad de llenado, además el diseño y elaboración de las fichas de control que ayudaran a determinar el estado de la maquinaria.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes de la Zona Vial

La Dirección General de Caminos se fundó en 1830 en el período del Presidente de la República de Guatemala don Antonio Rivera Cabezas, por la necesidad de hacer caminos en los que las personas pudieran trasladarse a un determinado pueblo con sus productos en carretas, bestias o a pie, y así evitar andar por veredas, riscos y barrancos peligrosos.

Movidos por la idea de que Guatemala era un país eminentemente productor y que progresaba grandemente, surgió la necesidad de crear caminos que llegaran a comunicar no solo pueblos o aldeas, sino que enlazaran por medio de carreteras internacionales a otros países con sus respectivas ciudades, para poder así engrandecer el comercio y el intercambio cultural. Por esa razón, fue necesaria la creación de una institución que se encargará de velar por los intereses del pueblo de Guatemala.

En la región del norte de la república de Guatemala, la Dirección General de Caminos distribuye en dos los campamentos para cubrir las rutas y caminos.

Los primeros pasos para hacer una reestructuración en la Dirección General de Caminos fueron en el período conocido como el de la liberación, en 1954, después de

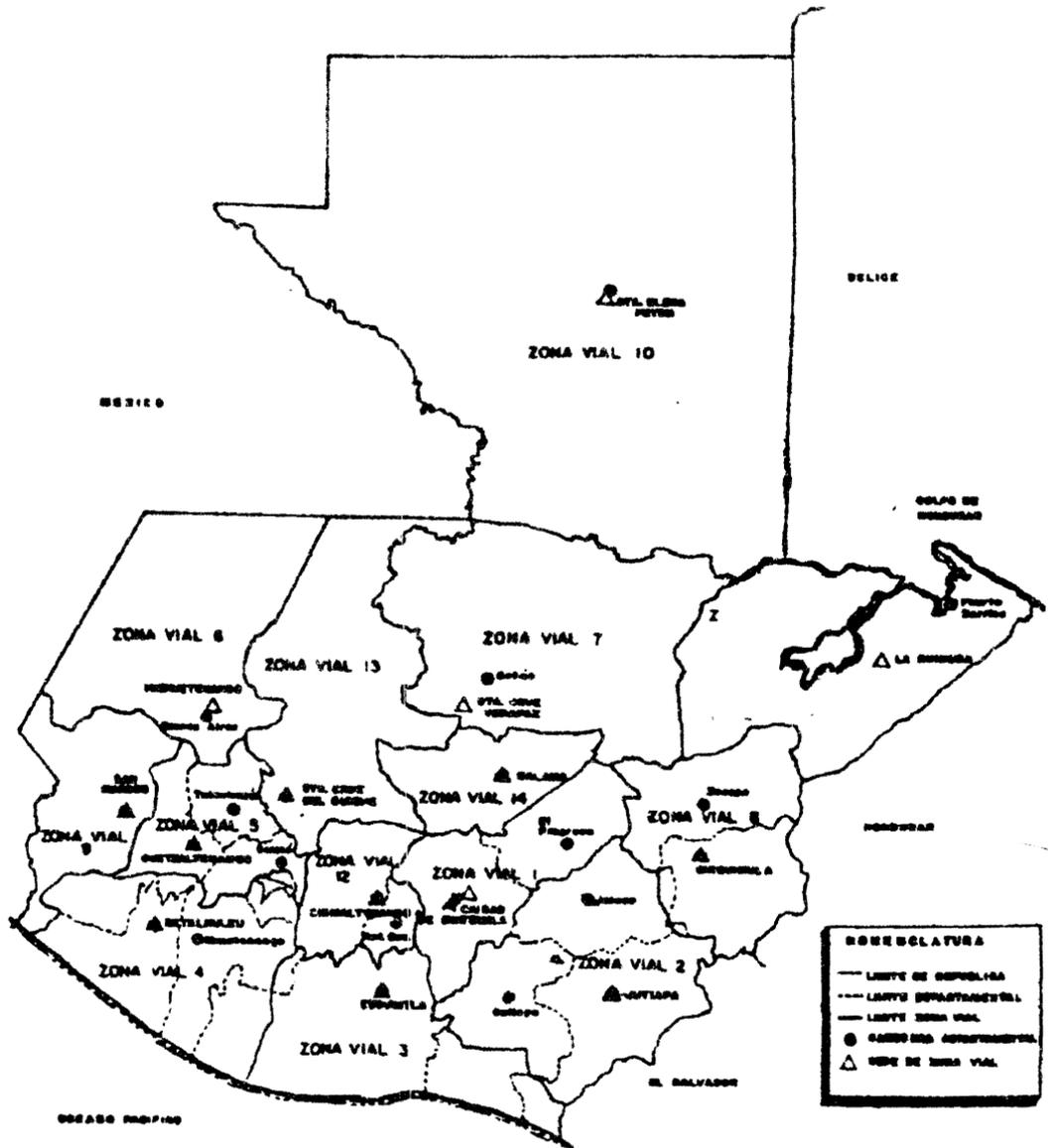
haber terminado la invasión a Guatemala por parte del caudillo Coronel Carlos Castillo Armas, que derrocó al Presidente Jacobo Arbenz Guzmán.

Hasta el 5 de junio de 1,991, Caminos de Salamá estaba considerado como parte de la Zona Vial No. 7 con sede en Santa Cruz Verapaz del Departamento de Baja Verapaz, como el Distrito No. 4 que daba atención a todo el Departamento de Baja Verapaz y mediante el Acuerdo Ministerial No. 2,464 de fecha 5 de junio de 1,991 fue creada la Zona Vial No. 14 con sede en Salamá, Baja Verapaz, desligándose así de la Zona Vial No. 7.

A partir de enero de 1,997 se unifica la región II-B.V. de Caminos Rurales y Centro 4 de Mantenimiento del Programa Caminos Rurales que pasan a ser parte de la Zona Vial No. 14 para continuar con el mantenimiento de carreteras y caminos rurales del Departamento de Baja Verapaz.

En la actualidad, existen 14 Zonas Viales distribuidas en todo el país (Fig. 1) y la sección de asfaltos ubicada en Amatitlán, las cuales cuentan con instalaciones, equipos, mano de obra calificada para proporcionar a la población de Guatemala condiciones de infraestructura adecuadas a las necesidades y circunstancias establecidas, para obtener bien común.

Figura 1. Ubicación de las Zonas Viales



1.2. Descripción de la Zona Vial

La Zona Vial No. 14 (Fig. 2) tiene su sede en la cabecera del departamento de Baja Verapaz, ubicada a un costado de la carretera principal que conduce a este municipio, aproximadamente a la altura del kilometro 148. La Zona Vial tiene su área de trabajo en la actualidad en todo el departamento de Baja Verapaz y la ruta C.A. 14 desde el Km. 85, Las Champas, El Rancho de la Jurisdicción Municipal de San Agustín Acasaguastlan El Progreso. Siempre que surja alguna emergencia nacional esta tendrá la obligación de brindar su apoyo, sin importar que no abarque a la Zona Vial Indicada.

Figura 2. Distribución de la red de la Zona Vial No. 14



1.2.1 Métodos de trabajo

La Zona Vial tiene, como política de trabajo, poder brindar el mantenimiento de aquellas carreteras que no han sido absorbidas por mantenimiento, por contrato, asimismo es la encargada de mantener y construir aquellos caminos rurales en los que se encuentra iniciada su construcción.

Dentro de las políticas de mantenimiento por administración, se encuentran las siguientes actividades:

- a. Dar mantenimiento a todas aquellas carreteras y proporcionar el mantenimiento adecuado a los puentes de la red vial del país, que no han sido absorbidas por mantenimiento por contrato, terminar los caminos rurales, cuya construcción ya ha sido iniciada, dar mantenimiento a los caminos rurales cuya construcción haya sido concluida; además de brindar el apoyo a las diferentes municipalidades en el mantenimiento de los caminos bajo su responsabilidad; mediante la suscripción de convenios aprobados por el señor Director General de Caminos, se deben ejecutar en forma inmediata las actividades tendentes a subsanar los problemas viales, ocasionadas por emergencias y catástrofes nacionales.

- b. Supervisar la ejecución de las obras contratadas por el Ministerio del Ramo, bajo la responsabilidad de la Dirección General de Caminos, manteniendo un control de calidad de las mismas, y verificar el cumplimiento de las condiciones contractuales establecidas.

1.2.2 Nivel jerárquico

La Zona Vial No. 14, cuenta con una organización de tipo funcional (Fig. 3), donde la jefatura dicta los lineamientos y políticas para el buen desenvolvimiento de las secciones de maquinaria, administración y maestría de obras, para este estudio nos ubicaremos en el Departamento de Maquinaria.

1.2.2.1. Atribuciones de la sección de maquinaria

- 1) Supervisión de toda la maquinaria y vehículos.
- 2) Llevar el control de gastos de combustibles y lubricantes de la maquinaria y vehículos.
- 3) Llevar el control de los neumáticos de los vehículos y maquinaria.
- 4) Coordinar las actividades suscritas por emergencias ocasionadas por las lluvias u otros.
- 5) Supervisar los proyectos de construcción y mantenimiento de las carreteras, que conforman la Zona Vial No. 14.
- 6) Supervisar los avances físicos de los proyectos.

1.2.2.2 Inspector de maquinaria

- 1) Administrar las actividades que se realizan en la sección de maquinaria.
- 2) Coordinar con los jefes de zona la programación de los trabajos con maquinaria.

- 3) Distribuir las actividades con los operadores, en caso de emergencia y a cualquier hora.
- 4) Evaluar solicitudes de trabajo con maquinaria a las diferentes comunidades.
- 5) Supervisar toda la maquinaria y vehículos que se encuentren trabajando en los proyectos de construcción y mantenimiento.

1.2.2.3. Auxiliar jefe de maquinaria

- 1) Llevar el control de los informes quincenales de los trabajos del personal de maquinaria.
- 2) Informar de inmediato a la jefatura sobre cualquier emergencia, atendida diariamente por el personal y maquinaria.
- 3) Elaborar pases de control de salida del personal de esta sección.
- 4) En caso de ausencia del inspector de maquinaria, tomar las atribuciones que le corresponden.
- 5) Llevar el control del archivo de la sección.
- 6) Elaborar órdenes, pedidos y elaborar ordenes de trabajos.

1.2.2.4. Secretario

- 1) Elaborar los oficios, providencias, actas, telegramas, conocimientos, etc.
- 2) Informar a la jefatura el avance físico de los proyectos semanales.
- 3) Tener un encargado de elaborar documentos.
- 4) Tener un encargado de enviar el estado y localización de la maquinaria de la Zona Vial No. 14, quincenalmente a la Dirección General de Caminos.

- 5) Informar el costo y el avance físico de las emergencias atendidas por la sección de maquinaria.
- 6) Encargado de hacer las programaciones de los trabajos de los proyectos.

1.2.2.5. Encargado de inventarios

- 1) Llevar el control de la maquinaria que se encuentra trabajando en el campo.
- 2) Llevar el control del inventario anual de maquinaria.
- 3) Llevar el control de movimientos y traslados de la maquinaria y vehículos, a otras zonas dentro de la Dirección General de Caminos.

La Zona Vial No. 14 de Salamá, Baja Verapaz, se estructura y organiza para el desempeño de sus actividades y funciones, con las siguientes unidades administrativas que se establecen en el siguiente organigrama.

1.2.3. Estado actual

En la actualidad, la Zona Vial tiene que realizar, actualizar, mantener y ejecutar planes regionales de construcción, rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento de carreteras y obras conexas, de acuerdo con los programas correspondientes y políticas establecidas por el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda.

Entre los planes de contingencia en la Zona Vial, en horas inhábiles y días festivos, el personal, y maquinaria y equipo se presentan en disponibilidad inmediata para cubrir las necesidades o emergencias suscitadas.

La maquinaria y equipo con que cuenta la Zona Vial son en su mayoría unidades que han tenido un largo periodo de servicio; además un 75% del total de la maquinaria y equipo está en un mal o pésimo estado, existe también maquinaria que en la actualidad han dejado de operar porque son demasiado antiguas; se cuenta con poca maquinaria y equipo reciente.

1.3. Descripción de maquinaria pesada

Se puede decir que dentro del movimiento de tierras existen varias fases, a saber:

La limpia, chapeo y destronque: esto es relacionado con todo trabajo preliminar que se va a ejecutar sobre el terreno, antes de entrar al movimiento de tierra propiamente

dicho. En esta fase, se incluye la remoción de casas, edificios, instalaciones de agua potable, drenajes, electricidad, etc.; se suele hacerse a mano, sin embargo, el uso de maquinaria pesada, especialmente tractores, es conveniente, pues además de la remoción anterior es necesario eliminar la tierra vegetal, troncos y árboles.

La excavación se refiere propiamente a dicho movimiento de tierra, en el cual interviene toda la maquinaria, tanto normal, como especial.

1.3.1 Características básicas

Las máquinas pesadas para movimiento de tierra se clasifican en varias categorías básicas, tales como: tractor de cadena (tractor de oruga), motoniveladora, cargador frontal y vibrocompactadora.

Los cargadores frontales tienen como aplicación más común la de cargar material en camiones. Los tractores de oruga se utilizan en tareas tales como restauración de terrenos, construcción de caminos, nivelación de escombros, empuje de materiales, trabajos de agricultura, operaciones de desgarramiento, habilitación de terreno, etc. Para realizar los muchos trabajos, para los cuales fueron diseñados, los tractores generalmente requieren ciertos accesorios como hojas topadoras, desgarradores, etc. Las motoniveladoras se utilizan para construir y nivelar carreteras, aeropuertos, así como en la preparación de terrenos para construir edificios.

Las máquinas mencionadas anteriormente, son máquinas que utilizan un motor de combustible diesel para proveerse de la potencia necesaria, y así realizar los trabajos. En términos generales, las máquinas pesadas para movimiento de tierras consisten en tres conjuntos básicos:

- a) El motor que provee la potencia.
- b) El tren de potencia que lleva la potencia a las ruedas o carriles.
- c) Implementos de la máquina, necesarios para trabajar en una variedad de condiciones.

Se hará una descripción de cada uno de estos conjuntos, con la finalidad de comprender su funcionamiento, y así llegar a hacer un mantenimiento adecuado a la maquinaria.

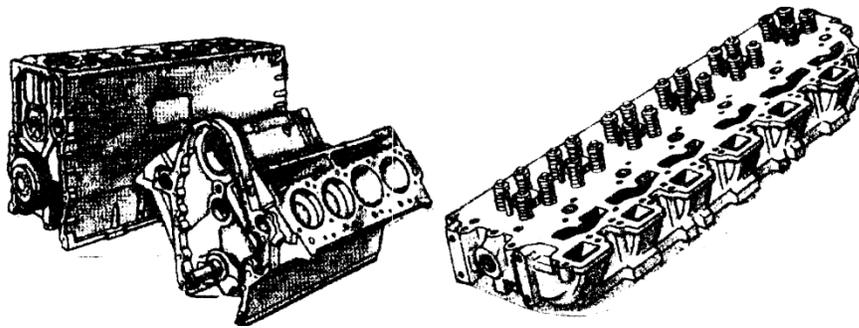
a. Motor

El motor es la unidad que provee la potencia necesaria para que la máquina pueda funcionar y hacer el trabajo para el cual fue diseñada. El motor es una máquina de combustión interna. El aire entra al cilindro, ya sea a presión atmosférica o forzado por un turboalimentador o supercargador, cuando el pistón se mueve hacia abajo en la carrera de admisión. El pistón sube, comprime y calienta el aire. El combustible inyectado se quema dentro del cilindro y al expandirse los productos gaseosos de la combustión hacen que el pistón se mueva hacia abajo. Como el pistón está unido a la biela y esta a un eje cigüeñal, el movimiento vertical obtenido queda transformado en un movimiento giratorio, que es el que se utiliza para producir trabajo. En el motor hay,

muchas piezas que están en movimiento continuo unas con otras, y necesariamente hay que lubricarlas constantemente para minimizar el desgaste. Interesa describir las piezas que intervienen en el funcionamiento del motor, porque son estas las que tendrán que protegerse de desgastes prematuros o anormales.

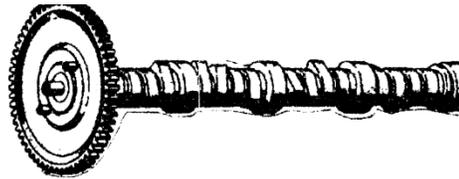
Los motores tienen cuatro o más cilindros conectados, de tal manera que cada uno proporciona una carrera de fuerza durante un ciclo completo del motor. Los cilindros forman parte del bloque que es un bastidor de metal fundido, que está hecho en dos partes atornilladas entre sí. La parte superior, que contiene las válvulas, se llama culata; la parte inferior se llama bloque. (Fig. 4)

Figura 4. Vista de un bloque de cuatro y seis cilindros con su culata



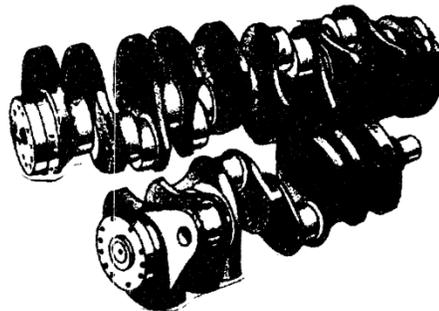
El motor consta también de un eje o árbol de levas (Fig. 5), cuya función es abrir y cerrar las válvulas de admisión del aire y las de escape de los gases quemados. Este eje tiene una leva para cada válvula; la leva empuja una pieza deslizante, que a su vez empuja el vástago de la válvula; a esta pieza se le llama seguidor.

Figura 5. Eje de levas



Anteriormente, se mencionó que el cigüeñal es la pieza que se encarga de convertir el movimiento vertical de los pistones en movimiento circular (Fig. 6). El eje cigüeñal va apoyado en el bloque, y gira sobre cojinetes lubricados que van en los muñones, tiene empernado a una brida, un volante para emparejar los impulsos de fuerza.

Figura 6. Eje de cigüeñal para motores de cuatro y seis cilindros

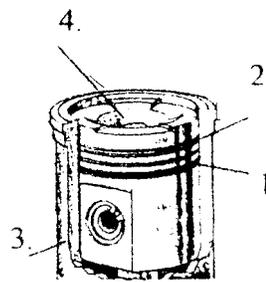


La biela es la pieza que se utiliza para unir el pistón al cigüeñal. La biela debe tener alta resistencia y rigidez, debido a los esfuerzos a que está sometido por el pistón en la carrera de fuerza; al mismo tiempo debe ser lo más liviana posible para que las fuerzas de inercia y centrifugas en el descanso no sean mayores que las necesarias. Los

pistones son las piezas usadas para comprimir el aire dentro del cilindro (Fig. 7). Los pistones deben de ser lo suficientemente resistentes y rígidos como para resistir el efecto de las altas presiones y temperaturas producidas en la combustión. Deben también ser lo más liviano posible para reducir el efecto de carga por inercia en los descansos, así como las pérdidas por la misma inercia.

Figura 7. **Partes de un pistón**

1. Anillo de control de aceite
2. Anillo de compresión
3. Camisa de pistón
4. Pistón



Para proveer un buen sello entre el cilindro y el pistón, se usan unos anillos que van en ranuras especialmente hechas en el pistón. Estos anillos sirven también para la compresión del aire. Los anillos cumplen una segunda función: limpiar las paredes del cilindro al bajar en las careras de fuerza y admisión. Los anillos ayudan también a enfriar el pistón, pues transmiten una considerable cantidad de calor desde el pistón a las paredes del cilindro. En los motores, se usan dos tipos de anillos, de acuerdo con su función: anillos de compresión y anillos que controlan el aceite.

Es importante hacer notar que, en la mayoría de motores, los cilindros tienen en la superficie interna una pieza cilíndrica y hueca, que sirve de recubrimiento al cilindro

mismo. Esta pieza es llamada camisa y es la que está en contacto directo con los anillos del pistón.

Los cojinetes principales que van en los muñones de bancada del cigüeñal, los cojinetes de empuje del cigüeñal, la bomba de aceite, bujes de pasadores de biela, los bujes de los balancines, bujes de gobernador, son algunas de las piezas que también están sometidas a un desgaste.

b. Tren de potencia

El tren de potencia puede ser de transmisión mecánica o automática, llamada servo transmisión.

Los componentes de una transmisión mecánica son:

- Embrague principal
- Transmisión
- Mandos finales

Los componentes de una transmisión automática son:

- Transmisión
- Convertidor de par o divisor de par
- Mandos finales

Transmisión mecánica

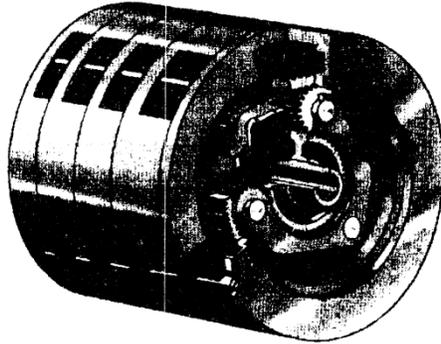
La transmisión es el mecanismo de control de fuerza en el tren de potencia de un vehículo. La transmisión mecánica, en combinación con un embrague principal, controla la potencia producida por el motor. La transmisión proporciona el avance y el retroceso de la maquina, controla las diferentes velocidades y las diferentes fuerzas de empuje.

En las transmisiones mecánicas, el avance y el retroceso, los cambios de velocidades y las multiplicaciones de la fuerza de propulsión, se producen mediante la conexión mecánica de diferentes trenes de engranajes en ejes paralelos. La fuerza es transmitida y modificada por los engranajes.

Servo transmisión

La servo transmisiones son cajas de velocidades automáticas (Fig. 8). Una servo transmisión es, en el fondo, una combinación de dos transmisiones: una transmisión planetaria de velocidades y una transmisión hidráulica multiplicadora de par, es decir, el convertidor de par. La transmisión planetaria provee el avance y el retroceso de la maquina con una variedad de velocidades.

Figura 8. Servo transmisión

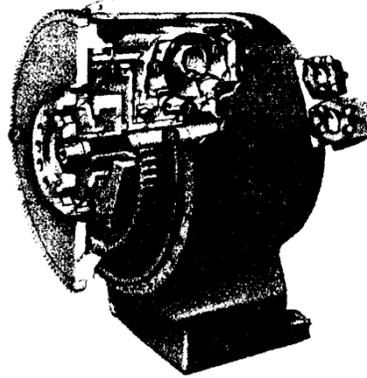


Convertidor de par

El convertidor de par es una forma de acoplamiento hidráulico usado para transmitir la potencia del motor y la transmisión (Fig. 9). Tiene por objeto, como su nombre lo indica, multiplicar el par y hace posible mantener altas las revoluciones del motor, a fin de poderle suministrar fuerzas a las bombas hidráulicas. La función de los convertidores es impedir que el motor disminuya su velocidad y se pare debido a sobrecargas.

El convertidor de par es un dispositivo que usa la energía de fluido en movimiento para transmitir la potencia. Está provisto de una bomba de aceite, una turbina y un estator que está contenido en una caja. Dicha caja tiene en uno de los lados una corona que engrana con el volante del motor; en el otro lado tienen el eje de salida.

Figura 9. **Convertidor de par**

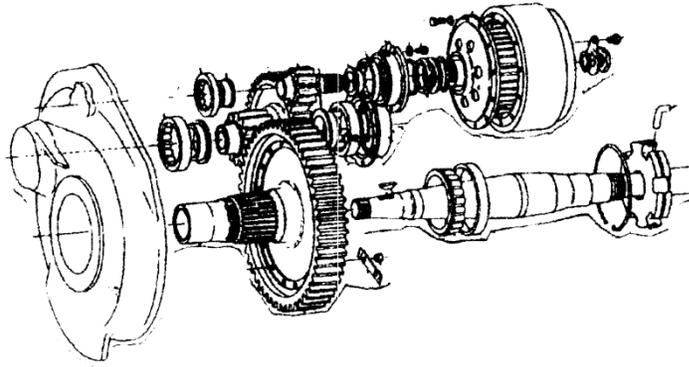


La caja y la bomba giran con el motor; la turbina hace girar el eje de salida y el estator esta fijo. El aceite fluye hacia arriba desde la bomba giratoria alrededor del interior de la caja, desde la turbina, el aceite vuelve a ser dirigido por el estator. Este estator tiene como objeto dirigir de nuevo el aceite hacia la bomba. Esto aumenta o multiplica el par de entrada.

Mandos finales

Los mandos finales reciben la potencia de la transmisión para trasmitirla modificada a una rueda dentada, que es la que acciona el carril para poner en movimiento la máquina (Fig.10).

Figura 10. Mandos finales



Para una máquina de movimiento de tierra que se mueve sobre carriles, el mando final es esencialmente un conjunto de engranajes de reducción. El mando final convierte la velocidad del motor, que viene del piñón de la transmisión en un par, más lento y más potente, capaz de tirar cargas extremadamente pesadas. Los mandos finales son simplemente dispositivos de multiplicación.

Los mandos finales proveen la mayor parte del aumento de par en el tren de potencia. Esto permite que los otros componentes en el tren de potencia soporten cargas de par relativamente livianas. El resultado es una mayor duración de la transmisión, corona y piñón, así como también los frenos.

Los mandos finales cuentan con un sistema de lubricación que, en la mayor parte de ellos, es a presión, y es lubricado por una bomba de aceite de engranajes.

Las máquinas que usan ruedas en vez de carriles, tienen ejes y sistemas de diferenciales, los cuales hacen la función de un mando final. En estas máquinas, no hay mucho espacio disponible para acomodar un conjunto de mando final, debido a las condiciones de diseño los mandos finales van instalados en las ruedas. Como la reducción debe de hacerse en poco espacio, se utilizan engranajes planetarios. Los mandos finales planetarios son lubricados por salpique, con aceite almacenado en el conjunto de la rueda.

Diferenciales

Las máquinas de ruedas usan diferenciales y consisten en un juego de engranajes, que tienen la función de evitar que se desgasten demasiado los neumáticos en los giros a la vez que mantienen alta tracción, para conseguir mediante este sistema de juego de engranajes que una rueda gire con más rapidez que la otra del mismo eje, a pesar de que ambas ruedas continúan recibiendo fuerza.

Un diferencial estándar divide el par motor igualmente entre las ruedas, aunque una gire con mayor rapidez que la otra, como sucede en el recorrido de una curva. En la mayoría de los casos, esta división gemela da buenos resultados. Sin embargo, cuando una de las ruedas se encuentra en el suelo firme y la otra está girando a causa de tracción deficiente, el diferencial común aplicará el mismo par a ambas ruedas, lo cual no podría ser suficiente para mover la máquina. En una máquina con tracción en las cuatro ruedas, por lo general lo que se necesita es un diferencial común; básicamente los componentes de un sistema diferencial son cojinetes de empuje, engranajes, ejes y estrías.

Sistema hidráulico

El rendimiento de una máquina, por lo general, depende de su sistema hidráulico, ya que el potencial de trabajo se puede relacionar a la eficacia del sistema. Un sistema hidráulico por lo general se compone de lo siguiente:

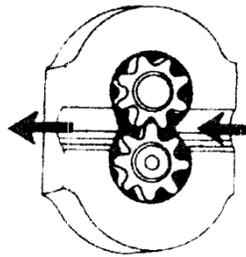
- Tanque de fluido hidráulico
- Bomba para impulsar el fluido
- Mangueras para alta presión
- Tubos
- Válvulas
- Filtros
- Cilindros con sus émbolos

La acción del aceite la reciben los cilindros y estos a su vez comunican el movimiento a los accesorios que utilizan las máquinas para ejecutar el trabajo, como son, la hoja empujadora, el cucharón, el desgarrador, etc.

En el movimiento de tierras, las bombas hidráulicas, por lo general, son de engranajes, de paletas o de pistones axiales, y a menudo cuentan con secciones múltiples para atender más de un circuito.

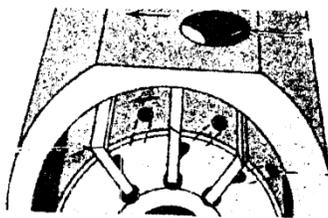
Las bombas de engranajes mueven el aceite con uno a más juegos de engranajes (Fig. 11). Son las bombas más sencillas y más fáciles de reparar. Además son menos sensibles a la suciedad o a los vacíos de aire, y son más durables, pero son menos eficientes y no trabajan bien bajo altas presiones.

Figura 11. **Bomba de engranajes**



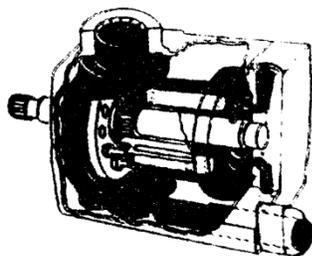
Las bombas de paletas (Fig. 12) son más complejas que las bombas de engranajes, aunque son también más eficientes y pueden trabajar a mayores presiones. Las paletas auto compensa el desgaste de manera que la bomba mantiene un rendimiento indicado durante más tiempo que una bomba de engranajes.

Figura 12. **Bomba de paletas**



Las bombas de pistones axiales son sumamente adaptables (Fig. 13). Pueden ser usadas en configuración de caudal fijo o variable; el tipo de caudal variable resulta ideal para transmisiones hidrostáticas. Cada bomba de pistones tiene varios pistones en un bloque de cilindros giratorios; cada pistón hace una carrera por revolución del bloque. La bomba de caudal variable cambia el caudal para mantener constante el consumo de potencia a medida que cambia la carga de trabajo. Esto se logra mediante una placa de reacción que controla el largo de la carrera de los pistones.

Figura 13. **Bomba de pistones**



Las fallas de los componentes del sistema hidráulico suelen tener por causa el agua en el lubricante. Esta se evapora cuando se calienta el sistema hidráulico, que da la cavitación, produce la erosión de las planchas de extremo de las bombas de paletas, o si es el sistema una bomba de engranajes, las erosiones se producen en el cuerpo de la bomba; si la bomba es de pistones, las placas de lumbreras son las atacadas por la erosión.

1.3.1.1 Tractor de cadena (Tractor de oruga)

Los tractores de cadenas son diseñados para trabajos exigentes en donde las condiciones de infraestructura son difíciles. Generalmente utilizan un tren de rodaje cadena u oruga, el cual está formado por eslabones, pasadores, bujes, zapatas, y un bastidor de rodillos, sobre los cuales descansa todo el peso del tractor, y se complementa por las ruedas guías o tensoras; es la rueda motriz la que proporciona la fuerza al tren de rodaje. Los tractores empleados en la construcción, están provistos de una cuchilla, un riper o desgarrador y en algunos casos, de un malacate (winch). Según las condiciones del terreno y la función que desempeñara, se podrá utilizar estas herramientas de trabajo.

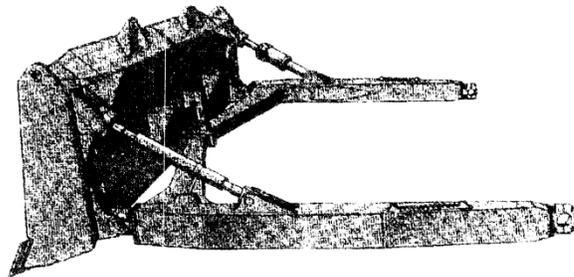
Figura 14. **Tractor de cadena**



Cuando un tractor está equipado con topadora (bulldozer), puede optar por un sin número de aplicaciones, pero en realidad se utiliza cuando la potencia requerida es grande y las distancias de acarreo son cortas, o bien en donde las pendientes o las condiciones del suelo no permiten trabajar con otra maquinaria. En realidad, este tipo de tractor es el primero que entra al trabajo, pues con él se realizan los trabajos de limpia, chapeo y destronque, y de allí se pasa al corte.

Se emplea la cuchilla (Fig. 15) cuando el material ha sido previamente escarificado y presenta un tamaño tal, que la cuchilla pueda manejar.

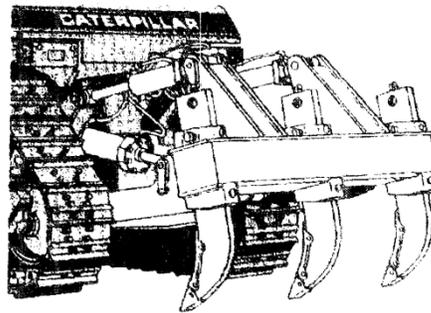
Figura 15. Marco con su cuchilla o cucharón



Existe la posibilidad de aumentar la producción del equipo de acarreo y excavación en general. Una de las formas es la de poder usar equipo opcional, como los desarraigadores (riper) (Fig. 16), los cuales tienen como función especial remover y aflojar el material, sobre todo tratándose de un material duro en el tamaño correcto, para luego ser empujados por la cuchilla; su construcción, que es pesada y sólida, permite dos opciones:

- a) Cuando es de cinco dientes la penetración es menor, pero pulveriza más el material, y
- b) Cuando se usa uno de tres dientes los resultados son una mayor penetración, para obtener así una capacidad para romper un material tal como arcilla descompuesta, granito descompuesto, barro duro, etc., que de otro modo tendrían que ser dinamitados. En un material extremadamente duro, es conveniente usar un solo diente, y así concentrar toda la fuerza del tractor sobre este.

Figura 16. **Riper de tres dientes**



El sistema de dirección del diferencial suministra potencia continua a ambas cadenas, incluso en giros cerrados. La dirección es activada por medio de un diferencial de dirección, motor hidrostático y controles.

El timón de dirección controla todos los movimientos de la dirección, ya que posee un mango giratorio para el control de las direcciones de avance y marcha atrás. Al mover el timón hacia adelante, la máquina gira a la izquierda al desplazarse hacia delante; y a la derecha, al desplazarse hacia atrás. Al mover el timón hacia el operador, la máquina gira a la derecha hacia adelante, y a la izquierda, al desplazarse hacia atrás.

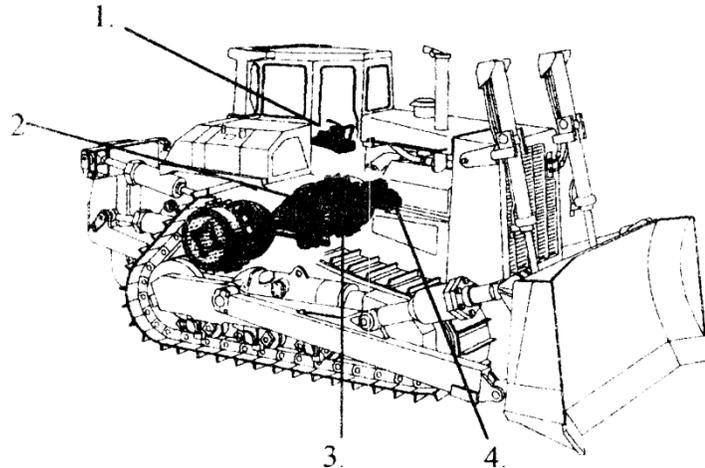
En los tractores más antiguos o de series bajas (Fig. 17) los giros o paros de los mandos, se realizan de manera mecánica de la manera siguiente. Si se quiere hacer girar el tractor a la izquierda cuando la marcha es hacia delante, se presiona el pedal de frenado de mandos; se hace halar la palanca de giro de lado izquierdo y al lado derecho, si va de retroceso. Para girar a la derecha con la marcha hacia delante, se presiona el pedal de lado derecho de frenado de mandos y se hace halar la palanca de giro de lado derecho, y gira a la izquierda cuando la marcha es de retroceso.

Figura 17. **Tractor D6H**



Los sistemas de dirección del diferencial funcionan a plena potencia en cada giro de ambas cadenas, para mover mayores cargas a menores velocidades. Se mantiene una potencia interrumpida en ambas cadenas por medio de una impulsión mecánica directa. El tractor gira aumentando y disminuyendo por igual las velocidades de una y otra cadena. La diferencia de velocidades hace girar al tractor (Fig. 18).

Figura 18. **Partes del sistema de dirección de un tractor D6H**



Dirección del diferencial: 1. Timón de dirección, 2. Diferencial de la dirección, 3. Motor hidráulico, 4. Bomba del sistema hidráulico.

Las cadenas selladas y lubricadas rodean el pasador con lubricante para llegar a reducir el desgaste interno de los bujes en el mantenimiento. Se retiene el lubricante mediante una disposición de sellado, que consta de un sello de poliuretano y un anillo de tope. Hay un lubricante adicional en el depósito taladrado en el pasador de cadena; todo esto prolonga la duración de la cadena y los intervalos de mantenimiento del tren de rodaje a la vez que reduce los costos.

La transmisión es automática de engranajes planetarios; tiene tres velocidades de avance y de retroceso con embragues de gran diámetro y alta capacidad, enfriados por aceite. En vista de que posee un sistema de modulación, permite hacer cambios de sentido de marcha a alta velocidad. La transmisión modular y la corona entran en la caja trasera para facilitar su servicio, aun con el desgarrador instalado, aunque para tractores de series bajas se instalan por debajo del tractor. Posee un flujo forzado de aceite que lubrica y enfría los conjuntos de embragues para proporcionar una mayor vida útil.

1.3.1.2. Motoniveladora

A la motoniveladora comúnmente se le conoce como patrol (Fig. 19); esta máquina está considerada como básica en la conservación de acarreo y operaciones de nivelación final. Los factores fundamentales que influyen en su rendimiento son: habilidad del operador, tipo de material con que trata y su peso.

Se recomienda que bajo ningún concepto se emplee en donde exista material duro (roca adherida), pues la hoja no está diseñada para trabajo pesado, además de tener propias condiciones de su mecanismo de control, por ser estas de precisión, que podrían dañarse fácilmente.

Figura 19. Motoniveladora

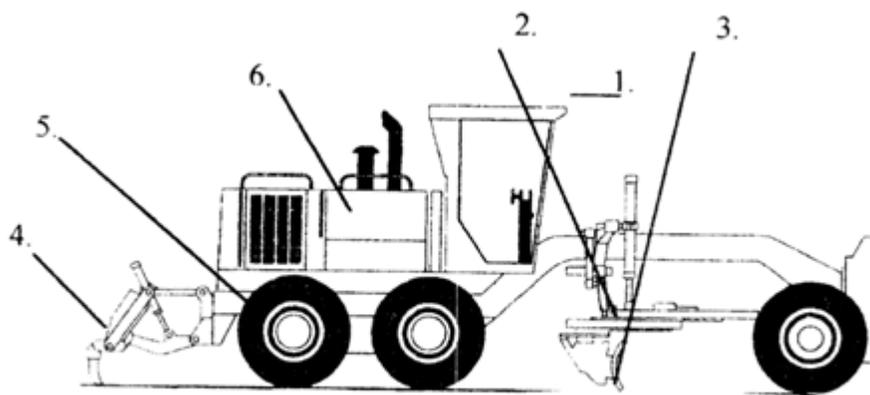


Las motoniveladoras están equipadas con una cuchilla montada sobre una tornamesa, un riper y un escarificador; utilizan neumáticos y poseen en muchos casos un bastidor articulado (Fig. 20).

La nivelación de acabado es la aplicación de la motoniveladora, que requiere el mayor grado de precisión. En las motoniveladoras, la nivelación de acabado consiste en preparar la superficie de una carretera o de un sitio de trabajo para poder pavimentarlo o realizar alguna otra actividad de construcción. Generalmente el material que se tiene que mover es un material de base, duro y seco, y se trabaja sobre un suelo sólido en buenas condiciones. Para asegurar que se obtiene una superficie lisa, y con acabado uniforme, se mantiene generalmente la misma velocidad de pasada.

En el mantenimiento de carreteras, la aplicación de las motoniveladoras consiste en modificar una carretera de tierra o grava para mantener el peralte o el abovedado, o para establecer la propia superficie. Incluye generalmente carreteras secundarias para el acceso a aldeas o municipios. Los materiales que se mueven en esta aplicación varían desde bases de tierra extremadamente duras, hasta superficies de grava húmeda.

Figura 20. **Partes de una motoniveladora**



1. Cabina, 2. Tornamesa, 3. Cuchilla niveladora, 4. Ripper, 5. Neumáticos, 6. Motor

El uso del desgarrador consiste en el acondicionamiento de suelos duros y desiguales, antes de pasar con la hoja. Los vástagos del desgarrador y/o escarificador se introducen en la tierra rompiendo el suelo duro. También se pueden aflojar materiales duros como asfalto, para evitar causar daños a la vertedera durante el trabajo de nivelación. Los desgarradores y escarificadores pueden usarse también para mezclar suelos áridos. Los materiales que se desgarran suelen ser duros y secos. Los desgarradores suelen penetrar de 15 a 30 cm en el suelo, mientras que los escarificadores suelen penetrar hasta una profundidad de 2.5 a 20 cm. La longitud de las pasadas suele ser inferior a los 600 metros en ambas actividades.

La servotransmisión está diseñada especialmente para el uso de la motoniveladoras. La transmisión provee cambios sobre la marcha a plena carga y capacidad de marcha lenta. Posee ocho velocidades de avance y seis de retroceso, que dan al operador una amplia gama de operación, según el modelo de la máquina.

Las motoniveladoras están provistas de dos neumáticos delanteros y cuatro traseros. A las ruedas delanteras se les puede dar una inclinación, por medio de un cilindro hidráulico. La función de la inclinación de las ruedas es para hacer un mejor trabajo en la nivelación de las carreteras en las curvas, salientes de agua o vertederos.

Las ruedas traseras están instaladas sobre dos tandem. Los mandos finales se comunican en el centro con cada tandem, y el tandem en la parte del centro está provisto de dos engranajes, en los cuales se acoplan dos cadenas que dirigen la potencia a las puertas del tandem para darle movimiento a las ruedas.

1.3.1.3. Cargador frontal

Son máquinas utilizadas para cargar materiales en los camiones de volteo; los cargadores vienen en versiones de rueda o tren de rodaje, pero en la Zona Vial solamente hay de ruedas (Fig. 21); también son utilizados para acarrear materiales a cortas distancias, cuando están provistos de ruedas; su bastidor es articulado, y cuando son accionados por cadena, su tren de rodaje es fijo, están equipados con un cucharón, brazos de levante, torre, y un contrapeso que ayuda a soportar de mejor manera la carga.

Los cargadores frontales son máquinas empleadas para operar en bancos de material, cuya densidad sea elevada, pues debido a su tracción permite facilidad en la carga.

Figura 21. Cargador frontal



En los cargadores, la altura de descarga es la distancia vertical desde el suelo al punto más bajo en la cuchilla o dientes del cucharón, cuando este está inclinado a cuarenta y cinco grados. Esto determina la altura a la que se puede despejar al retroceder desde un camión o una tolva con el cucharón en la posición de descarga.

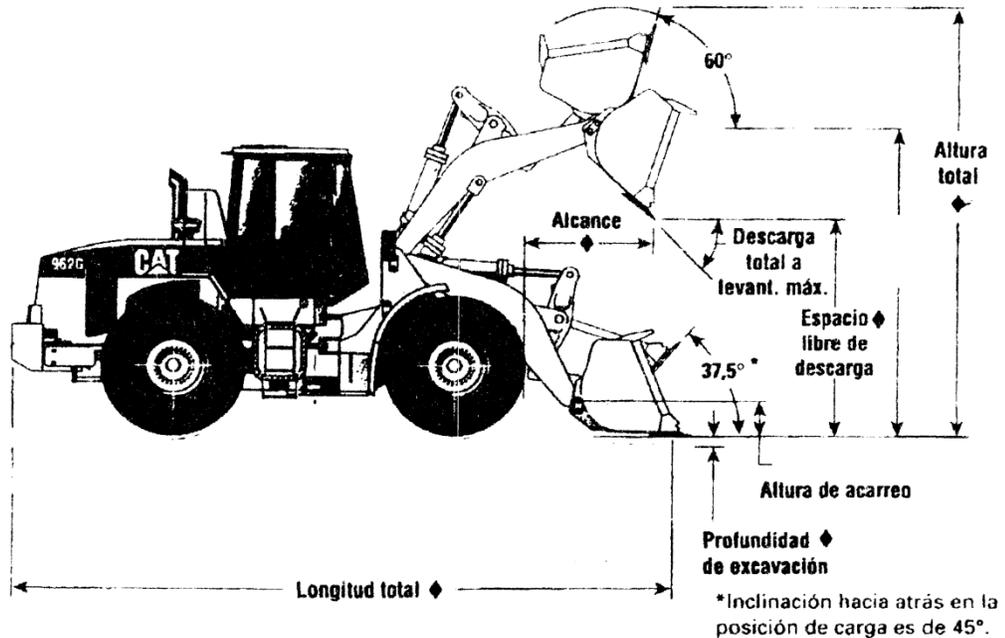
El alcance con los brazos totalmente levantados es la distancia horizontal desde el punto más avanzado en la máquina, incluyendo los neumáticos, hasta la cuchilla incluyendo los dientes, con el pasador de articulación a la altura máxima y el cucharón a un ángulo de descarga de cuarenta y cinco grados.

La inclinación hacia atrás es el ángulo que gira, sobre la horizontal, el borde inferior de la cuchilla de un cucharón, en cualquier punto determinado. Por lo general, se especifica al nivel del suelo, posición de transporte y altura máxima. Con más inclinación hacia atrás, se tendrán menos derrames de la carga.

La profundidad de excavación es la distancia vertical desde la línea del suelo a la posición más baja posible de la cuchilla del cucharón, con este en posición horizontal (Fig. 22).

Los cargadores son máquinas de gran versatilidad y movilidad, que se pueden trasladar de un lugar a otro donde se le necesite, pero teniendo en cuenta de no rodarlo a grandes distancia.

Figura 22. Altura y longitudes de los cargadores



1.3.1.4 Vibrocompactadora

La utilización de este tipo de equipo es para poder llevar a cabo la compactación del material de relleno (Fig. 23). Es el medio mecánico que le imprime energía de compactación al suelo. Se sabe que la compactación depende de la energía de la misma, de su densidad seca, de su contenido de humedad y de la clase de suelo.

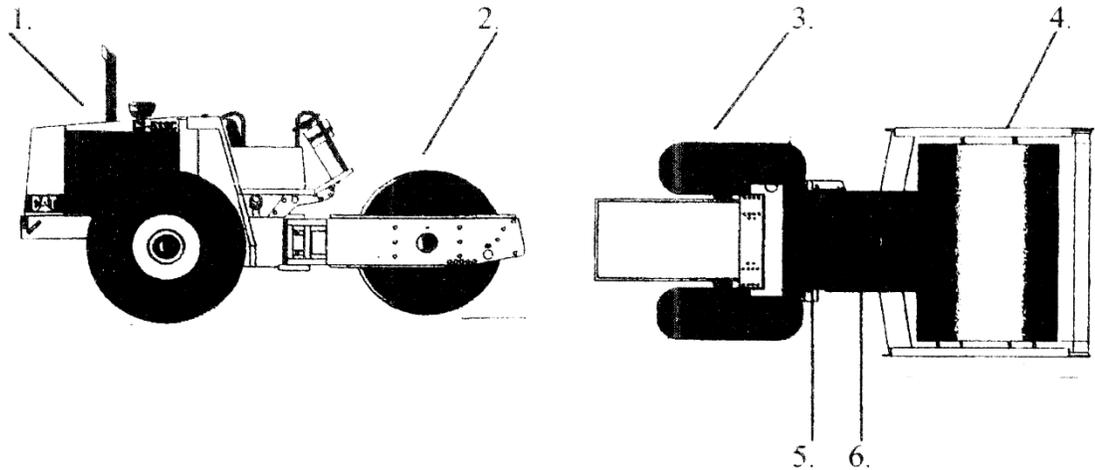
De los factores anteriores, depende el número de pasadas que se debe hacer con el equipo. Luego; conociendo la profundidad de la capa suelta de material y el número de pasadas que se estime conveniente, es posible determinar el rendimiento en cualquier trabajo.

Figura 23. Vibrocompactadora



La compactación de los materiales es una de las operaciones más delicadas e importantes en la construcción de una carretera o rellenos sanitarios, por lo tanto, es necesario contar con el equipo adecuado, según los materiales que se van a trabajar para obtener resultados satisfactorios que no repercutan en fallas en los trabajos, pérdidas de tiempo y por lo tanto elevación en el costo de la obra. Pueden estar equipados con un rodillo y dos neumáticos (Fig. 24) o pueden tener dos neumáticos y un rodillo de pisones llamados comúnmente de cabra, y también hay dedos rodillos lisos; en algunos de los casos, poseen una pequeña cuchilla que les permite limpiar el terreno para su fácil desplazamiento. Las compactadoras también se emplean para compactar el asfalto, con compactadoras que utilizan varios neumáticos que no tienen labor, es decir, que son lisos. Entre las funciones de la vibrocompactadora, están: compactar tierra, aplanar tierra y asfalto.

Figura 24. Vibrocompactadora vista lateral y aérea



Partes de la vibrocompactadora: 1. Motor, 2. Rodo liso, 3. Neumático, 4. Marco de rodo, 5. Asiento, 6. Timón

1.4 Diagnóstico de la maquinaria

A continuación, se presenta un informe general de la maquinaria pesada que se encuentra en funcionamiento, en la Zona Vial No. 14, ubicada en Salamá, Baja Verapaz. Teniendo siempre en cuenta el desarrollo actual, que justifica la realización de dicho proyecto, así como de los trabajos efectuados a la maquinaria que se encuentran operando en dicha zona. Dicho diagnóstico únicamente de una pauta de cómo se encuentra, a nivel general, el estado de la maquinaria, debido a que el presupuesto del mismo está muy por debajo de las necesidades básicas, como de la inexistencia de la herramienta necesaria para efectuar los trabajos, y la falta de adiestramiento técnico del personal a cargo de dicha labor.

Se desarrolla una implementación del plan de mantenimiento preventivo a la maquinaria pesada, ya que hay un control de los trabajos efectuados, pero no está definido un plan específico de mantenimiento preventivo para cada una de las máquinas utilizadas en la Zona Vial. Únicamente existe un control de trabajos realizados de taller por cada uno de los mecánicos a nivel general, y hay más de una tendencia a la implementación de un mantenimiento de averías y/o correctivo.

Tabla I. Inventario de la maquinaria en la Zona Vial No. 14

No.	No. D.G.C	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	ESTADO
1	331/81-89	Tractor de Oruga	Caterpillar	D6H	Funcionando
2	331/128-95	Tractor de Oruga	Fiat Allis	14C	Funcionando
3	320/99-89	Motoniveladora	Caterpillar	120G	Funcionando
4	320/127-95	Motoniveladora	Champion	710 ^a	Funcionando
5	310/128-85	Cargador Frontal	Fiat Allis	FR12B	Funcionando
6	12.8/88-79	Cargador Frontal	Caterpillar	930	Funcionando
7	450/25-88	Vidrocompactadora	Toma Terra	SPV68DDL	Funcionando

Como se puede apreciar, en el inventario de la maquinaria que se encuentran en la actualidad, los cuales están cada uno detallados, según la marca, número que lo identifica con la D.G.C., modelo, y su condición actual. Con esto se puede apreciar que en dicha Zona Vial se encuentran en funcionamiento únicamente siete máquinas.

El inventario muestra, como ya se dijo, la cantidad de máquinas con las que cuenta la Zona Vial, pero no indica si la máquina esta lista para operar, si esta en reparación o en la espera de repuestos, que siempre resulta problema por la falta de dinero para comprarlos.

2. FASE TÉCNICO-PROFESIONAL

2.1 Definición de mantenimiento:

El mantenimiento es la serie de tareas o trabajos que hay que ejecutar en algún equipo o planta, a fin de conservarlo eficientemente para que pueda brindar el servicio para el cual fue creado.

Para el Departamento de Maquinaria, el objetivo del mantenimiento es la conservación, ante todo del servicio que están suministrando las máquinas; este es el punto esencial y no como erróneamente se ha creído, que el mantenimiento está obligado a la conservación de tales elementos. El servicio es lo importante y no la maquinaria o equipo que los proporciona, Por lo tanto, se debe de equilibrar en las labores de mantenimiento los factores esenciales siguientes: calidad económica del servicio, duración adecuada del equipo y costos mínimos de mantenimiento.

La adquisición de equipo nuevo acarrea costos elevados, pues inicialmente su depreciación es muy acelerada, aunque se compensa, ya que necesita menos gastos de mantenimiento y la expectativa de falla es menor.

Conforme transcurre el tiempo, el equipo se va deteriorando y sus componentes van sufriendo desgastes, que necesariamente obligan a un aumento de las frecuencias de fallas de servicio y los costos de mantenimiento se incrementan; además, el cambio de repuestos es más costoso debido a la dificultad de obtenerlos, por no tener existencia en

las bodegas y que el fabricante no garantice la existencia de estos por periodos muy grandes. Por otro lado, un aumento en la frecuencia de fallas del servicio, causa pérdidas en el ingreso que origina la prestación del mismo, de tal manera que estos costos aumentan en forma considerable, hasta ser prácticamente prohibitivos al final de la vida de la maquinaria.

2.1.1. Tipos de mantenimiento

Como es del conocimiento, la función del mantenimiento es prevenir por todos los medios necesarios y así poder conservar el equipo; es conveniente poder hacer una clasificación de los diversos tipos de mantenimiento que a base de experiencias pasadas y presentes se han podido catalogar en el medio como eficiente, seguro y económico.

2.1.1.1. Mantenimiento por avería

Es el tipo de mantenimiento que se sigue con frecuencia por la falta de una organización. El mantenimiento ha sido adoptado por la similitud que su actuación tiene con la de un médico, cuya intervención se produce cuando el individuo ha caído enfermo y necesita de los medios necesarios para poder curarlo. De la misma manera, la reparación de averías es una reacción que se produce cuando la máquina o equipo ha dejado de funcionar.

Este permite que el equipo pueda seguir trabajando hasta que ya no pueda desempeñar su función normal y el operador se ve obligado a llamar al Jefe de maquinaria, para que pueda rectificar el problema o defecto.

Su función se inicia al presentarse la avería, es decir, que se diagnostica y de acuerdo con los resultados del mismo, se planean actividades, recursos humanos, herramientas, repuestos y materiales para iniciar la reparación.

2.1.1.2. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo que está basado en la determinación del estado de la máquina en operación. El concepto se basa en que las máquinas darán un tipo de aviso antes de que fallen y este mantenimiento trata de percibir los síntomas para después tomar acciones.

Se trata de realizar ensayos no destructivos, como pueden ser análisis de aceite, análisis de desgaste de partículas, medida de vibraciones, medición de temperaturas, termografías, etc.

El mantenimiento predictivo permite que se tomen decisiones antes de que ocurra el fallo: cambiar o reparar la máquina en una parada cercana, detectar cambios anormales en las condiciones del equipo y subsanarlos, etc.

2.1.1.3. Mantenimiento preventivo

Al mantenimiento preventivo se le puede definir como la conservación planeada, y llega a tener como función el conocer sistemáticamente el estado de las máquinas y equipo para programar, en los momentos más oportunos y de menos impacto, en la tarea que debe realizar.

El mantenimiento preventivo se refiere a que no se debe esperar a que las máquinas fallen para hacerle una reparación, si no que se programen los recambios con el tiempo necesario antes de que fallen; esto se puede lograr conociendo las especificaciones técnicas de los equipos a través de los manuales de los mismos.

El objetivo de este mantenimiento no se circunscribe a lo que es adecuado para el equipo, si no que su meta es considerar el trabajo. Se le da servicio a la maquinaria y equipo, considerando el efecto sobre la producción, seguridad personal y del equipo mismo. Se dice entonces que el mantenimiento preventivo se ha utilizado para indicar un sistema de programación, en sus beneficios secundarios.

2.1.1.4. Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento se basa en ejecutar las correcciones menores a la maquinaria para adaptarla mejor a nuestro medio. Son reparaciones serias que requieren una revisión completa o reconstrucción, ya que a veces es mejor realizar algunas

correcciones a la maquinaria para reducir los costos, tanto de operación, como de servicio, y no prolongarlos.

Estas correcciones requieren de personas muy especializadas y baja una rigurosa supervisión de ingenieros, así como del distribuidor, y guiarse con el manual del fabricante, para no perder la potencia de la máquina o perjudicar su funcionamiento.

También se puede dar al momento de realizar una rutina del mantenimiento preventivo.

2.1.1.5. Mantenimiento proactivo

Es el tipo de mantenimiento más adelantado, ya que en él se emplea herramienta sofisticada para el diagnóstico de las posibles averías; es similar al mantenimiento predictivo, solo que de una manera más completa y con el uso de alta tecnología, ya sea por medio de rayos X, o por el uso de material electrónico, para detectar fisuras, desgaste de piezas indispensables para el funcionamiento de la maquinaria, las cuales no se podría detectar por simple inspección. Es de mucha utilidad para un programa de mantenimiento preventivo, aunque por el alto costo de las herramientas de alta tecnología, solamente es utilizado por empresas grandes, que al aumentar la producción de dicha herramienta y al bajar los precios en un futuro, podría ser de uso más común.

2.2. Plan de mantenimiento de la maquinaria

Un programa de mantenimiento preventivo tienen como objetivo poder mantener constantemente en perfecto estado de funcionamiento la maquinaria para lograr su máximo rendimiento y con un mínimo costo. Ahora bien, existe cierta confusión, respecto al alcance del mantenimiento preventivo. Algunos creen que este se reduce a unas inspecciones periódicas; sin embargo, este mantenimiento abarca no solo las actividades de eliminación de averías o de comportamiento anormal, si no la normalización, disminución de costos de operación e incremento de la vida útil de las máquinas y equipo.

Un buen plan de mantenimiento preventivo provee una guía detallada de cada tipo de equipo, descomponiendo la máquina entera en sus diversos sistemas y componentes, es decir, que debe contar con una gama de manuales o catálogos para poderlo realizar.

Los registros de la maquinaria deben llevarse fielmente. En todo plan de mantenimiento, debe de producirse un registro consecutivo de todo el trabajo mecánico y de servicio hecho en una máquina o equipo. Estos deben ser fáciles de llevar, fáciles de leer, y que puedan estar siempre disponibles y al día.

2.2.1. Tipos de lubricantes

La lubricación es la acción encaminada a reducir la fricción o rozamiento y el desgaste superficial entre dos piezas que se mueven. El objetivo principal de un aceite

lubricante es, como su nombre lo indica, lubricar, esto significa suministrar una superficie suave y deslizante para trabajar el desgaste y la corrosión de las piezas en movimiento. Entre otras funciones importantes de un aceite, se necesita que pueda limpiar, sellar y dar enfriamiento o refrigeración.

El aceite da la lubricación esparciendo una película fuerte, suave y delgada por sobre todas las superficies que tienen movimiento. Las piezas metálicas, realmente no están en contacto una con otra, si no que se deslizan sobre una capa de aceite que existe entre pieza y pieza. Para efectuar este trabajo, el aceite debe de fluir libremente sobre las superficies que protege. También debe de tener suficiente cuerpo y grosor, para no ser desplazado y proteger las piezas metálicas contra el desgaste de la fricción. El aceite debe de funcionar en piezas que puedan estar frías en el inicio del movimiento, temperaturas menores a 0° F (-17.7° C) y tienen que sostener su buen funcionamiento cuando el motor, servotransmisión o cualquier elemento alcanza temperaturas de 350° F (176.67° C).

Es de gran importancia la selección del aceite apropiado para el trabajo. La selección del aceite lubricante apropiado se debe basar en la aplicación en la que se va a utilizar y la calidad disponible, por ejemplo, la diferencia entre el motor diesel que normalmente funciona a velocidades más bajas, pero a temperaturas más altas que los motores a gasolina y estas condiciones llevan a la oxidación del aceite, la formación de las incrustaciones y la corrosión de los metales de los cojinetes. Se debe tomar en cuenta también el aditivo, ya que el rendimiento depende del aceite base y de los aditivos, los cuales varían según el ambiente donde se utilizan.

2.2.1.1 Hidrodinámica

Cada vez que se enciende el motor, el lubricante debe circular rápidamente y lubricar todas las partes móviles para prevenir el contacto metal-metal, que podría ocasionar desgaste, ralladuras o incluso soldadura (fusión) de las partes del motor. La película del lubricante sobre los cojinetes y las partes de los cilindros son susceptibles al movimiento, a la presión y al suministro del lubricante. Tales películas deben reponerse continuamente, a través de un flujo adecuado y mediante una apropiada distribución del lubricante.

Cuando el lubricante alcanza las partes móviles, su función es lubricar y prevenir el desgaste. Se cuenta con que el lubricante establezca y constantemente reponga una película completa, la cual es llamada lubricación hidrodinámica.

La lubricación hidrodinámica ocurre con las superficies en movimiento. Estas se encuentran continuamente separadas por una película de aceite. El factor determinante en mantener esta separación de las partes es la viscosidad del aceite a la temperatura de operación.

Se tiene que mantener la viscosidad lo suficientemente alta, para prevenir el contacto metal-metal, debido a que los metales no hacen contacto en una lubricación de película completa; el desgaste es insignificante, a no ser que las partes separadas se rayen con partículas más gruesas que el espesor de la misma película de aceite. Los cojinetes del cigüeñal, así como los de las bielas, el del árbol de levas y los pasadores de pistón, normalmente operan con lubricación hidrodinámica.

Es casi imposible mantener una película continua de lubricante entre las partes móviles, y ocurre un contacto intermitente de metal-metal entre los picos de las superficies deslizantes. Los ingenieros de lubricación llaman a esto lubricación límite. Bajo ciertas circunstancias, la carga se soporta solo en forma parcial por la película de aceite, la cual se rompe y da un significativo contacto metal-metal.

Cuando esto ocurre, la fricción generada entre las superficies puede producir suficiente calor para causar que uno o ambos metales en contacto se fundan y produzcan una soldadura entre ellos. A menos que se contrarreste a través de un adecuado tratamiento, del aceite con aditivos, el resultado es, o bien un inmediato agarrotamiento, o un desgaste precipitado de las superficies.

La condición de lubricación límite siempre existe durante el arranque del motor y frecuentemente durante la operación de un motor nuevo o reconstruido. La lubricación límite también se encuentra alrededor del anillo del tope del pistón, donde el suministro de aceite es limitado, las temperaturas son altas y es donde ocurre la inversión del movimiento del pistón.

Es posible llegar a desarrollar condiciones de extrema presión entre partes altamente cargadas, debido a una falta de lubricación, juego inadecuado, extremo calor y en algunos casos como resultado del uso de un lubricante de tipo o grado de viscosidad incorrecto para las condiciones de operación del motor. En los motores modernos, en el tren de válvulas, el contacto entre la leva y el tanque abre-válvula, es el sitio donde se opera bajo las condiciones de mayor extrema presión, debido a que en dichas partes se producen grandes cargas localizadas, las cuales pueden llegar hasta 2000 PSI, y son

varias veces más grandes que las cargas sobre las conchas de biela o los cojinetes de bancada.

2.2.1.2. Limpieza del lubricante

En la operación normal del motor, se pueden llegar a generar distintos contaminantes, desde partículas microscópicas de metal a productos químicos corrosivos, Si el aceite del motor no se mantiene limpio mediante el filtrado, estos contaminantes entran en el motor con el aceite.

Los filtros de aceite son diseñados para retener esas peligrosas partículas fuera del sistema de lubricación. Si un filtro se utiliza por más tiempo que el debido, se puede obstruir y un filtro obstruido hará que la válvula de derivación se abra y permita que entre el aceite sin filtrar, y así cualquier partícula extraña que haya en el aceite llegara directamente al motor. Si una válvula de derivación queda abierta, las partículas atrapadas anteriormente por el filtro también pueden llegar a entrar en el motor.

Cuando se llega a obstruir el filtro, puede producir también la deformación del elemento de filtro, que ocurre cuando hay un aumento en la diferencia de presión entre la parte externa e interna de los elementos de filtro. La deformación puede llegar a romper o rasgar el papel y permitir que los residuos fluyan al motor, y deterioren sus componentes.

2.2.1.3. Grasas lubricantes

La capacidad de lubricación de una grasa depende del aceite base y del espesante, por lo tanto, sus propiedades van a determinar de una y de otra forma esta capacidad; a continuación se darán algunas de estas propiedades.

Consistencia: la consistencia es una medida de la dureza relativa de la grasa; se refiere al esfuerzo cortante o cizallamiento que toma lugar cuando una capa de grasa se mueve relativa a otra; esto ocurre siempre que una grasa es manipulada, agitada, o bien sometida a movimiento como en un cojinete. La consistencia de la grasa, por lo general, su variación depende del tipo y la cantidad de espesante en la grasa y del grado de cizallamiento. Normalmente las grasas se ablandan con el trabajo, es decir, pierden sus consistencias; esta propiedad se determina por la prueba ASTM D-217.

2.2.1.4. Penetración (método ASTM D-217)

Con esta prueba, se puede medir la profundidad (en décimas de mm), a la cual un cono de metal penetra en una muestra de grasa, después de una caída libre a determinada temperatura. (25⁰ C).

La penetración “trabajada” da una indicación más exacta de la consistencia de la grasa durante el servicio. En el laboratorio, este ensayo se efectúa en un equipo especial, en donde se somete la grasa a una agitación interna por un cierto tiempo (60 golpes de doble carrera), antes de la prueba de penetración con el cono de metal.

Una alta penetración indica una grasa de menor consistencia, ya que el cono penetra más en grasas blandas. Cuando se dispone de pequeñas cantidades de muestra, se debe utilizar el método ASTM D-1403, el cual requiere de conos de un cuarto y media escala.

Las características de flujo de una grasa son de gran importancia en la selección de una grasa para servicio determinado. Estas características son controladas por la viscosidad del aceite lubricante y el tipo, y la cantidad de espesante utilizado en la elaboración de la grasa.

Las grasas son, por su naturaleza, un material no newtoniano, y son caracterizadas por el hecho que el flujo no es iniciado hasta que se ha alcanzado un mínimo de esfuerzo requerido. Incrementos en las tensiones de cizallamiento o presiones producen incrementos desproporcionados en el flujo, esto es, que en la medida en que aumenta la tasa de cizallamiento, la viscosidad disminuye.

2.2.2. Viscosidad de los lubricantes

La viscosidad de un líquido es su resistencia a fluir, es decir, que el roce de dos elementos con algún líquido, opone una resistencia al movimiento uniforme de su masa.

Los líquidos espesos, como las melazas, tienen relativamente alta viscosidad, y no fluyen muy fácilmente. Los líquidos más delgados, como el agua, fluyen muy fácilmente y tiene viscosidades más bajas. Los aceites lubricantes están disponibles en una gran variedad de viscosidades.

La viscosidad de un líquido determinado no es constante, pues varía con la temperatura. A medida que un aceite se calienta, su viscosidad disminuye y se vuelve más delgado. Lo contrario ocurre cuando se reduce la temperatura, el aceite se vuelve más espeso y no fluirá tan rápidamente. Este es un factor a tomar en cuenta para la selección del aceite a usar. Para una aplicación dada, un aceite más liviano debe ser indicado para temperaturas ambiente más bajas, mientras un aceite más pesado es más apropiado para temperaturas ambiente más altas.

La velocidad con que cambia la viscosidad de un aceite, cuando varía la temperatura, se ha determinado a través de la comparación con aceite de susceptibilidades térmicas muy pequeñas y muy grandes. Esta comparación da origen al índice de viscosidad, que es un número indicativo de la velocidad con que cambia la viscosidad con la temperatura.

El término viscosidad aparente se usa para describir la viscosidad observada de estos materiales. Dado que la viscosidad varía con la temperatura y la tasa de cizallamiento, esta debe ser reportada a las condiciones específicas a las que fue medida.

El método ASTM D-1092 permite determinar la viscosidad aparente de una grasa. En este método, se usa una muestra de grasa, que es forzada a pasar a través de una serie de ocho tubos capilares mediante un pistón flotante, la cual forma parte de un sistema hidráulico presurizado por una bomba de engranaje de volumen constante. Durante la prueba, se registra la presión en el sistema hidráulico.

El equipo está diseñado, de manera tal que las determinaciones pueden ser efectuadas a temperaturas entre -54° centígrados y 38° centígrados.

Los resultados se representan en coordenadas viscosidad aparente versus tasa de cizallamiento a temperatura constante; también se representan como viscosidad aparente versus temperatura a una tasa de cizallamiento constante. Los resultados pueden ser relacionados con la facilidad de manejo y distribución de la grasa, así como con presiones o torsión de operación en los mecanismos lubricados por estas grasas.

El aparato utilizado en este método no puede ser aplicado para mediciones a temperaturas elevadas. A estas temperaturas, las precisiones desarrolladas con la mayoría de las grasas son muy bajas para ser medidas con precisión. Para determinar la viscosidad aparente a temperaturas elevadas, se desarrollo el método ASTM D-3232.

2.2.2.1. Bombeabilidad

La bombeabilidad de las grasas, que tienen la misma penetración trabajada, puede ser ampliamente diferente en un sistema centralizado lubricado por grasa. Esto resulta si diferentes tipos y cantidad de espesantes están involucrados o la viscosidad de los aceites básicos a la temperatura de bombeo, son diferentes.

En general, la viscosidad aparente de una serie de grasas (con el mismo espesante y aceite básico) disminuye en proporción a la cantidad de espesante presente, sea cual

fuere el grado de cizallamiento. Por otra parte, usar un fluido lubricante con una viscosidad más baja mejora directamente la bombeabilidad.

El límite de la viscosidad aparente, para obtener una buena bombeabilidad, puede depender del tamaño de las líneas del sistema, la temperatura a la cual es expuesta, y la presión del bombeo disponible. Para una distribución óptima, es importante que se use el tipo y grado de la grasa que proporciona un funcionamiento óptimo en el sistema distribuidor. Sin embargo, debería usarse la grasa más adecuada para lubricar las partes móviles de los equipos, y el sistema distribuidor debería diseñarse de acuerdo al producto que maneja.

2.2.2.2. Especificaciones de los lubricantes

Dentro de las especificaciones de los aceites hidráulicos, existen algunas abreviaturas que satisfacen la nomenclatura de la norma SAE J754 (Sociedad de Ingenieros Automotrices). Las especificaciones MIL son especificaciones militares de los Estados Unidos. La CCMC se refiere a una organización de fabricantes europeos, responsables por la definición de especificaciones de rendimiento de aceites de motor.

Las grasas las clasifica el NLGI (Instituto Nacional de Grasas y Lubricantes), según la norma ASTM D217-68 de las características de penetración a las que se les asigna un número de consistencia.

2.2.2.2.1. Aceite del motor

El aceite para los motores diesel debe de ser un aceite con una alta cualidad de dispersión, la suficiente alcalinidad y un nivel más bajo de ceniza, para satisfacer los requisitos de desempeño de los motores.

En el aceite del motor, es necesario utilizar un anticorrosivo para motor diesel, que contenga los aditivos necesarios para evitar la formación de sedimentos o de los depósitos de goma, además, el mismo debe llenar las especificaciones del Instituto Americano de Petróleo API, para servicio DS, ya que estos contienen los aditivos que promueven la limpieza general dentro del motor y evitan la formación de sedimentos, depósitos carbonizados y de barniz, sobre o dentro de las piezas del motor.

En los aceites del tipo detergente, se produce un obscurecimiento después de poco tiempo de servicio. Este obscurecimiento se debe a las partículas diminutas de carbón suspendidas en el aceite, y una de las funciones principales de aceite tipo detergente es mantener las partículas de carbón en suspenso, por lo tanto, el obscurecimiento del aceite es de una manera normal y no motivo de preocupación.

Tabla II. **Viscosidad – Temperatura ambiente para motores**

Viscosidad	Temperatura ambiente
SAE 10W	-20 ⁰ C a 10 ⁰ C (-4 ⁰ F a 50 ⁰ F)
SAE 10W30	-20 ⁰ C a 40 ⁰ C (-4 ⁰ F a 104 ⁰ F)
SAE 15W40	-15 ⁰ C a 50 ⁰ C (-5 ⁰ F a 122 ⁰ F)
SAE 30	0 ⁰ C a 40 ⁰ C (32 ⁰ F a 104 ⁰ F)
SAE 40	5 ⁰ C a 50 ⁰ C (41 ⁰ F a 122 ⁰ F)

Aunque los suministradores de aceite reconocen la importancia de las cualidades que requieren para el uso del equipo, y colaboran plenamente para asegurar que se empleen solamente aquellos aceites, que llenen los requisitos indispensables para cada maquinaria; el abastecedor es el responsable directo de los resultados obtenidos en este producto, el funcionamiento adecuado y el mantenimiento del motor, que son necesarios para obtener los resultados deseados del lubricante. Aceites multigrados son los que obtienen mejor resultado en cualquier maquinaria o motor de combustión interna.

2.2.2.2.2. El aceite hidráulico

El aceite hidráulico tiene que ser hecho con un conjunto de balanceado de aditivos, que incluyan detergentes, inhibidores antiherumbre, antidesgaste y antiespuma, para poder proporcionar una máxima protección contra el desgaste mecánico y corrosivo en todos los sistemas hidráulicos y de transmisiones hidrostáticas.

El aceite debe ser compatible en todas las proporciones con el aceite SAE10W, para el cárter del motor, de calidad similar con los niveles detergentes que prevalecen en todo el sistema de lubricación de la maquinaria, además no es recomendable que contenga sustancias aditivas, para mejorar o aumentar su índice de viscosidad.

El aceite debe tener revisiones periódicas, para evitar la contaminación de agua, suciedad, sedimentos, y de materias extrañas, y no debe ser corrosivo o dañino para cualquiera de los materiales comúnmente utilizados en los sistemas hidráulicos.

Puede utilizarse un aceite SAE 10 para el cárter del motor clasificado para el servicio MM, MS, DG, DM o DS. No se recomiendan aceites de viscosidad múltiple tales como el SAE 10W30. Para un funcionamiento a temperaturas ambientes más bajas de -10°F (12.2°C), siempre es recomendable diluirlo con el 20% de kerosén; para un funcionamiento continuo en temperaturas de 32°F (0°C) o mayores, debe drenarse el aceite diluido y llenar el sistema con aceite SAE 10W.

Tabla III. **Viscosidad – Temperatura ambiente para el sistema hidráulico**

Viscosidad	Temperatura ambiente
SAE 10W30	-20°C a 40°C (-4°F a 104°F)
SAE 30	10°C a 50°C (50°F a 122°F)

En la actualidad, existe una clasificación comercial para los aceites, ya que el fabricante es el que da las especificaciones y características. No siempre se puede comprar el aceite que el fabricante recomienda, así que se tiene que comprar uno similar a sus especificaciones. No se recomienda ninguna marca específica de aceite lubricante, pero es conveniente utilizar productos que reúnan las especificaciones y clasificaciones de viscosidad antes mencionadas, y que sean recomendados por la compañía de aceites más conocidos en el mercado nacional, tal como Shell, Texaco, etc.

2.2.2.2.3. El aceite para transmisión y convertidor

El aceite debe de estar balanceado para proporcionar una máxima protección contra la fricción en servotransmisiones, y para eliminar el ruido de los sistemas de frenos enfriados por aceite.

En los componentes de transmisión y el convertidor, son recomendables los aceites lubricantes SAE 10W, las cuales cumplan las especificaciones para el tipo C-1 de aceites para las transmisiones automáticas y la clasificación MS del anteriormente mencionado API (Instituto Americano de Petróleo), y no es recomendable el aceite para servicio DS o el de serie 3. Cuando la temperatura del ambiente es menor de los 10⁰ F (-23.33⁰ C), es aconsejable utilizar un aceite lubricante tipo A, según las condiciones de operación que así lo exijan.

Tabla IV. **Viscosidad – Temperatura ambiente para transmisión y convertidor**

Viscosidad	Temperatura ambiente
SAE 10W	-20 ⁰ C a 10 ⁰ C (-4 ⁰ F a 50 ⁰ F)
SAE 10W30	-20 ⁰ C a 40 ⁰ C (-4 ⁰ F a 104 ⁰ F)
SAE 15W40	-15 ⁰ C a 50 ⁰ C (-5 ⁰ F a 122 ⁰ F)
SAE 30	0 ⁰ C a 40 ⁰ C (32 ⁰ F a 104 ⁰ F)
SAE 40	5 ⁰ C a 50 ⁰ C (41 ⁰ F a 122 ⁰ F)

2.2.2.2.4. El aceite para diferenciales

Es aconsejable el uso de un aceite lubricante, que provea las características para una mejor tracción de los engranajes, es decir, que se debe evitar un mal funcionamiento de los mismos y que a la vez los proteja de cualquier desgarradura, siempre teniendo en cuenta la temperatura del ambiente de trabajo, la cual es indispensable en la selección del mismo; es por eso que se utiliza un aceite lubricante de uso múltiple del tipo de protección de extrema presión (E.P.) con las viscosidades siguientes:

Tabla V. **Viscosidad – Temperatura ambiente para diferenciales**

Viscosidad	Temperatura ambiente
SAE 140	Sobre los 32 ⁰ F (0 ⁰ C)
SAE 90	Debajo de los 32 ⁰ F (0 ⁰ C)

2.2.2.2.5. El aceite para los cubos planetarios

El aceite en los planetarios debe de proporcionar una máxima protección contra el rallado y picaduras de los dientes de engranajes y de los cojinetes. Los planetarios utilizan un aceite lubricante similar al de los diferenciales, ya que al igual que el anterior, existen también engranajes, por lo que es aconsejable el uso de un aceite lubricante de usos múltiples E.P., ya sea utilizado en la época de invierno o verano el SAE 90, ya que este aceite protegerá mas a los mismos.

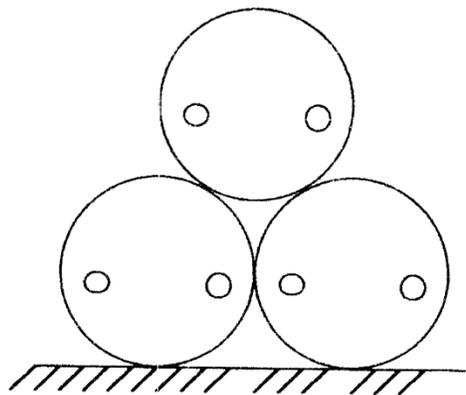
2.2.3. Recomendaciones de conservación

En la conservación de los lubricantes (Fig. 25), se maneja una serie de etapas como la descarga, el almacenamiento, la transferencia, la distribución, el control y la aplicación. En cualquier institución o empresa constructora, es aconsejable que la compra de lubricantes se haga en barriles, por tener estos precios más favorables; ocupa menos espacio en el almacenamiento, y permite tener una reserva entre suministros y menos papeleo administrativo.

En la actualidad, la descarga de estos barriles se efectúa desde considerables alturas, por ejemplo, la plataforma de un camión. Esto aparentemente no ocasiona ningún daño serio, pero en realidad permite que se forme alguna fisura en los depósitos, lo cual permitirá posteriormente que el aceite sea contaminado con la humedad del ambiente y se condense agua. En todo caso, es recomendable siempre amortiguar el golpe de los barriles al descargarlos, colocándoles neumáticos viejos o haciendo una rampa improvisada.

El almacenamiento e intemperie también debe de hacerse con mucho cuidado, cuando este sea absolutamente indispensable, ya que a pesar de estar los barriles sellados, estos respiran por la expansión natural de los lubricantes a altas temperaturas y se contraen en volumen a bajas temperaturas. Se recomienda almacenarlos en forma horizontal con las tapaderas a la misma altura, para evitar que el barril respire y entre suciedad en ellos.

Figura 25. **Conservación de los aceites**



En la Zona Vial, los barriles son almacenados dentro de una bodega, cuenta con una bomba mecánica para poder extraer el aceite de los barriles, pero en fallo de esta, puede combinarse el almacenamiento con el suministro instalando una llave de chorro de $\frac{3}{4}$ en el orificio pequeño del barril para distribuir el producto de una manera fácil también permite almacenar los barriles en forma horizontal, uno sobre otro, apilados en tres, eliminan los costos de inversión que involucra la compra de bombas y los peligros de contaminación, al cambiar una bomba de succión de un barril a otro.

La distribución del producto a los lugares de aplicación debe ser siempre en forma sistemática, simple y usando accesorios libres de contaminantes abrasivos como tierra, polvos metálicos, etc.

2.2.4. Capacidad de llenado

Con el fin de que el departamento de combustibles tenga una referencia y pueda llevar un control de la cantidad de lubricante y combustibles utilizados, se ha creado una tabla en la cual se encuentra incluida toda la maquinaria con la que cuenta la Zona Vial.

La capacidad de llenado de las máquinas es también de utilidad, si se trabaja con la maquinaria en pendientes muy pronunciadas, y si es necesario añadir aceite al tren de fuerza, se consulta entonces a la capacidad de llenado, para que de la cantidad de aceite que se debe agregar.

Tabla VI. **Capacidad de llenado Tractor Caterpillar D6H**

Compartimiento o sistemas	Litros	Galones	Libras
Aceite del motor	27.5	7	
Transmisión	129	33.5	
Mandos finales (cada lado)	13.2	3.4	
Tanque hidráulico	47.3	12.3	
Cantidad de grasa			5
Tanque de combustible	331	86	

Tabla VII. Capacidad de llenado Tractor Fiat Allis 14C

Compartimiento o sistemas	Litros	Galones	Libras
Aceite del motor	28.40	7.5	
Transmisión	45.40	12	
Mandos finales (cada lado)	15.14	4	
Tanque hidráulico	56.78	15	
Cantidad de grasa			6
Tanque de combustible	354	90	

Tabla VIII. Capacidad de llenado Motoniveladora Champion 710A

Compartimiento o sistemas	Litros	Galones	Libras
Aceite del motor	18	4.75	
Transmisión y diferencial	53	14	
Caja de mando de circulo	3.92	1	
Caja de mando tándem (cada lado)	28.40	7.5	
Tanque hidráulico	56.78	15	
Cantidad de grasa			6
Tanque de combustible	148	39	

Tabla IX. Capacidad de llenado Motoniveladora Caterpillar 120G

Compartimiento o sistemas	Litros	Galones	Libras
Aceite del motor	19	5	
Transmisión y diferencial	68	18	
Caja de mando de circulo	6	1.5	
Caja de mando tándem (cada lado)	24.5	6.5	
Tanque hidráulico	30	8	
Cantidad de grasa			5
Tanque de combustible	227	60	

Tabla X. Capacidad de llenado Cargador Frontal Caterpillar 930

Compartimiento o sistemas	Litros	Galones	Libras
Aceite del motor	19	5	
Transmisión	27.5	7	
Mando final y diferencial	19	5	
Tanque hidráulico	55	14	
Cantidad de grasa			3
Tanque de combustible	148	39	

Tabla XI. Capacidad de llenado cargador frontal Fiat Allis FR12B1995

Compartimiento o sistemas	Litros	Galones	Libras
Aceite del motor	23	6	
Transmisión	18	4.75	
Mando final y diferencial	19	5	
Tanque hidráulico	40	10.5	
Cantidad de grasa			6
Tanque de combustible	132	35	

Tabla XII. Capacidad de llenado Vibrocompactadora Toma Terra

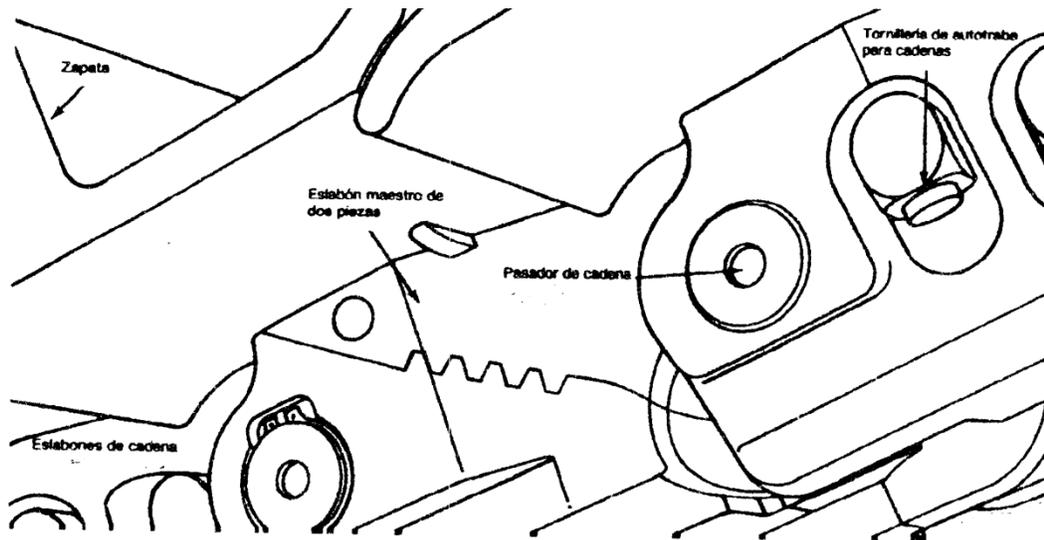
Compartimiento o sistemas	Litros	Galones	Libras
Aceite del motor	98.21	2.5	
Transmisión	4.91	1.25	
Tanque hidráulico	129.64	33	
Cantidad de grasa			2
Tanque de combustible	117.86	30	

2.2.5. Tren de rodaje

El tren de rodaje es diseñado para que pueda funcionar como un sistema (Fig. 26). En este están contenidas las siguientes piezas: zapatas, cadena, eslabones de cadena, eslabón maestro, tornillos, tuercas, rodillos, etc.

El costo del tren de rodaje puede llegar a representar un gasto bastante significativo de los costos totales de operación y mantenimiento, en las máquinas que emplean cadenas.

Figura 26. Partes de las cadenas

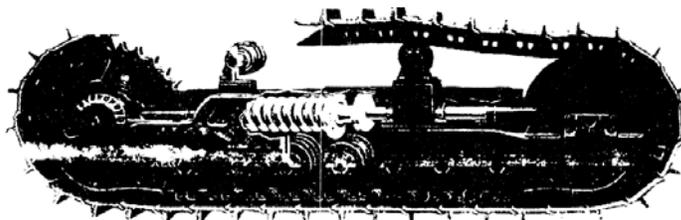


El bastidor de rodillos es el que soporta los componentes de la cadena; su estructura debe de ser fuerte y resistente para poder proporcionar una larga vida útil al tren de rodaje (Fig. 27). Si el bastidor se llegará a torcer o doblar, la rueda motriz, los rodillos y la rueda tensora se desalinearan y se producirá el desgaste anormal. Es por eso que los bastidores deben de ser macizos o de sección en caja para poder resistir las fuerzas de torsión.

La conexión de los bastidores a la máquina es a través de dos puntos: uno es el que se conecta a la parte delantera del bastidor principal, mediante un resorte compensador, una barra compensadora o una barra rígida. La barra compensadora provee una marcha suave, estable y no oscila, mientras que la barra rígida no permite ninguna oscilación. El segundo es a través de la parte trasera de los bastidores de rodillos, mediante ejes vivos, a través de los mandos finales que conectan al bastidor principal.

Los rodillos superiores soportan la cadena; los rodillos inferiores soportan el peso de la máquina y guían la cadena entre la rueda motriz y la rueda guía. La rueda guía provee soporte a la parte delantera de la cadena y está montada sobre resortes para absorber los choques. Todos estos componentes están continuamente expuestos al polvo y a la suciedad; los cojinetes y rodamientos deben de estar permanentemente sellados para evitar la entrada de polvo y la salida de lubricante.

Figura 27. **Rodaje de tractor**

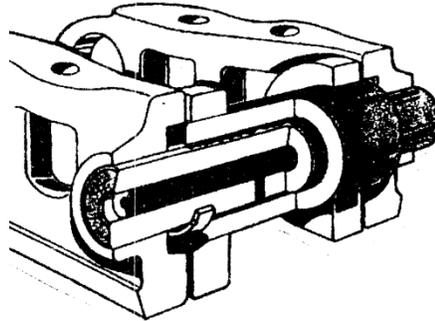


Los pasadores y bujes unen los eslabones de la cadena, por lo general, son los componentes del tren de rodaje que más rápidamente se desgastan. Este desgaste se puede llegar a reducir considerablemente si se utilizan pasadores y bujes sellados y lubricados. Al evitar la entrada de polvo y la salida de lubricante, las cadenas selladas y lubricadas pueden durar mucho más y llegar a reducir los costos de mantenimiento.

Las zapatas de cadena tienen una variedad de formas y tamaños. Por lo general, tienen una, dos o tres garras. Las garras proveen tracción y resistencia al doblamiento de la zapata. Las garras más altas pueden suministrar más esfuerzo de tracción, pero no necesariamente más resistencia al desgaste, ya que por el grueso y la composición metalúrgica son también importantes. Las zapatas de una garra se utilizan en tractores. Las zapatas de dos y tres garras, por lo general se emplean en cargadores de cadenas y en excavadoras para facilitar los giros y alterar menos la superficie del suelo.

Las cadenas en el tren de rodaje se pueden encontrar en dos tipos: uno es la cadena normal de pasadores, bujes (Fig. 28) y la otra es la cadena sellada y lubricada de bujes y pasadores. El desgaste interno de pasadores y bujes es una consideración importante en el mantenimiento del tren de rodaje. El roce constante entre las piezas metálicas, la tierra y otras materias abrasivas acortan considerablemente la vida total del tren de rodaje. En la Zona Vial los tractores cuentan con estos dos tipos de cadenas, pero se hablara de la cadena sellada y lubricada por ser esta la de más reciente creación, y porque la Zona Vial no cuenta con suficiente información de la misma.

Figura 28. **Eslabón de cadena seccionado**



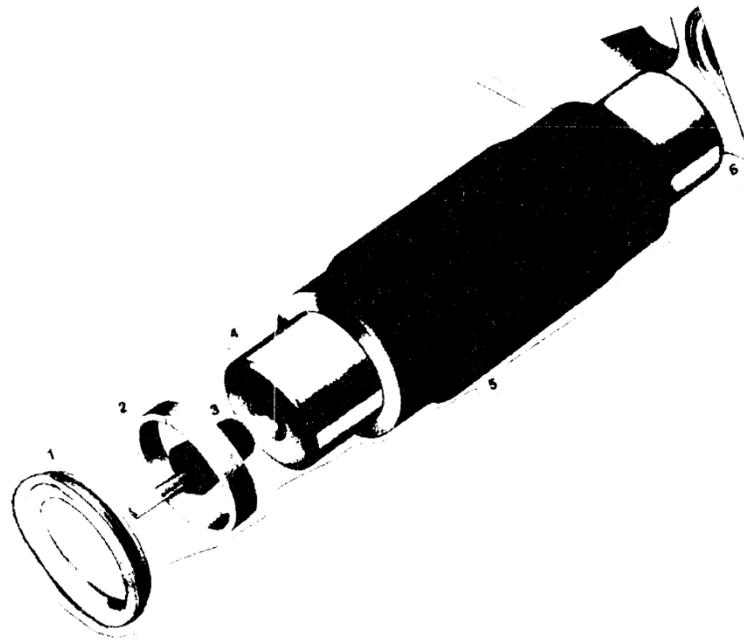
Como ya se menciona, la cadena sellada y lubricada (Fig. 29) elimina casi por completo el desgaste interno de pasadores y bujes ofreciendo una cadena con más vida útil y más bajo costo por hora de operación. Las superficies de contacto entre pasadores y bujes corren sobre una película de aceite sellado en cada unión de la cadena, razón por la cual hay menos fricción. Además, no hay desgaste interno; la extensión del paso de la cadena y el consiguiente serpenteo de la misma disminuye y también disminuye el desgaste de otros componentes relacionados.

El funcionamiento de la cadena sellada y lubricada es el siguiente:

- El sello hace contacto con el abocardado del eslabón y el extremo del buje que calza en el abocardado del eslabón. El anillo de carga disminuye la carga uniformemente en la superficie sellante, para asegurar un sello uniforme de 360° .
- El anillo de empuje de acero templado, protege el conjunto de sello contra las cargas de empuje laterales. El anillo está provisto de ranuras por donde pasa el aceite a la superficie sellante.
- El taco de goma es el que mantienen el aceite dentro del depósito.

- El pasador perforado constituye el depósito del lubricante. El lubricante se comunica a las superficies internas por un pasaje transversal.
- El buje es más fuerte y la superficie exterior puede soportar más desgaste.
- Los eslabones son más resistentes al desgaste y tienen mayor duración, debido al temple más elevado.

Figura 29. Cadena sellada y lubricada



Para retardar el desgaste del tren de rodaje, se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

- Dependiendo del terreno usar adecuadamente el tipo de zapata, es decir, no usar zapatas que sean demasiado anchas donde no se requiera, porque afecta directamente la vida útil del tren de rodaje. Es necesario utilizar las zapatas mas angostas cuando esto sea posible. El uso de zapatas no indicadas puede provocar el aflojamiento de pasadores, bujes y tornillos de zapata; por las fuerzas e impactos donde el suelo es escabroso, aumentan el riesgo de que las piezas empernadas o montadas a presión se aflojen. En las cadenas selladas y lubricadas es más grande el riesgo de que una unión a presión se abra, y produzca pérdida de lubricante y desgaste interno.
- El ajuste de las cadenas es uno de los factores más importantes que pueden hacer que disminuya el desgaste en el tren de rodaje. Es tal vez el más sencillo de reconocer y más fácil de corregir.
- Para ajustar las cadenas correctamente, se debe tener presente un aspecto muy importante, que es ajustarlas siempre para las condiciones del suelo en que se está trabajando la máquina. Las condiciones del suelo influyen directamente en el desgaste de los componentes del tren de rodaje. Si la cadena se ajusta correctamente y luego se hace trabajar donde hay acumulación de material, la tensión aumenta porque la acumulación de material produce demasiada tirantez. Esto tiene como resultado, el aumento de tensión de la cadena, aumenta la carga y el desgaste en todas las superficies de contacto del tren de rodaje.
- El uso de una máquina, que opera a velocidades elevadas no productivas, los giros constantes en una sola dirección, el patinaje de la cadena y el empuje en un solo lado de la hoja o en una sola dirección, contribuyen, todos, a acelerar el desgaste del tren de rodaje. El desgaste aumenta proporcionalmente a la velocidad y está en relación directa con la distancia recorrida por la máquina y no necesariamente con las horas de uso de la misma. El patinaje de la cadena hace que las garras se desgasten con más rapidez y que la producción disminuya. El desgaste aumenta en el lado de la máquina que hace más giros o que trabaja más debido al aumento de potencia y a la distancia recorrida. La carga aumenta

el desgaste, el trabajo con hoja empujadora o desgarrador cuesta abajo, en lugar de cuesta arriba, aumenta notablemente la producción y hace más lento el proceso de desgaste.

- Cuando haya que trasladar la máquina de un sitio a otro, se recomienda hacerlo con la marcha hacia adelante, pues la operación en marcha atrás origina más desgaste de los bujes, cualquiera que sea la velocidad.

2.2.6. Periodos de servicio

Los fabricantes de maquinaria y equipos proporcionan especificaciones del funcionamiento, temperaturas de operación, presiones de aceites, velocidad máxima e instrucciones mecánicas precisas para el montaje. Estas especificaciones deben de ser observadas, ya que la lubricación no corrige defectos mecánicos.

2.2.6.1. Cuando sea necesario

Los servicios que se deben hacer a las máquinas, cuando sea necesario, son aquellos en que se realizan operaciones que no están programadas específicamente en un tiempo determinado.

Es necesario limpiar el sistema de admisión de aire del motor y remplazar los elementos, si es necesario. Es conveniente que se inspeccione la rejilla de admisión de aire (Fig. 30), para ver si tiene una acumulación de polvo o basura, así como también las tuberías del ante filtro.

Figura 30. **Rejilla de admisión de aire y crisol cargador 930**



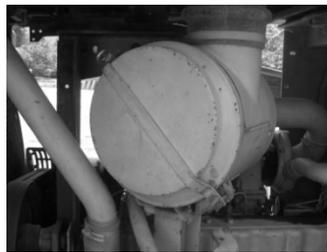
Los filtros de aire de algunas máquinas poseen un indicador de servicio bicolor (Fig. 31), el cual indica cuando el filtro de aire primario y secundario se encuentra sucio, obstruido o necesita cambio; esto se muestra cuando el pistón amarillo del indicador de servicio entra en la zona roja, cuando el motor se encuentra en alta en vacío; entonces es necesario parar el motor.

Figura 31. **Indicador de filtro tractor D6H**



Se quita el filtro de aire primario (Fig. 32), se limpia el interior de la caja del filtro, así como su tapadera y se puede proceder a limpiar el filtro primario con aire comprimido a un máximo de 30 lb/pul²; se dirige el aire a lo largo del interior y luego en el exterior de los pliegues del elemento, con agua a presión a un máximo de 40 lb/pul², o lavándolos con detergente en un recipiente, teniendo el cuidado de que este esté completamente seco a la hora de instalarlo. Es necesario que después de limpiado se inspeccione el filtro, para comprobar que no tenga pliegues, juntas o sellos dañados porque pueden dañar el motor.

Figura 32. **Filtro primario cargador 930**



Al haber terminado las operaciones anteriores, se procede a instalarlo y se oprime un botón en la parte interior del indicador para ajustarlo nuevamente. Si el pistón amarillo del indicador de servicio del filtro entra en la zona roja después de arrancar el motor, o el humo de escape sale aun negro después de instalado el filtro limpio, es necesario instalar otro filtro primario nuevo. También es recomendable cambiar el filtro primario, después de haberlo limpiado un máximo de seis veces o cada año.

El filtro secundario (Fig. 33) es recomendable que se cambie cuando se ha instalado un filtro primario que esté limpio y en perfectas condiciones; y el pistón amarillo del indicador de servicio entra en la zona roja; también se podrá remplazar cuando se de

servicio al elemento primario por tercera vez. No es recomendable reutilizar el filtro secundario, aunque se haya limpiado.

Figura 33. **Filtro secundario tractor D6H**



Los fusibles protegen el sistema eléctrico contra daños causados por sobrecargas en los circuitos. Es necesario remplazar todo fusible que haya sido separado del filamento; tiene que ser este del mismo tipo y tamaño, pero si se separa del filamento de un fusible nuevo, es recomendable inspeccionar y revisar el circuito.

Las cuchillas, protectores (gavilanes, cantoneras), casquillos o dientes, protectores de dientes, son herramientas de corte en la maquinaria, con los cuales se hace el corte, desgaste y la reparación del terreno, en donde se esté realizando un trabajo de movimiento de tierras. Las cuchillas en los tractores y las motoniveladoras es necesario voltearlas, si aun no tiene desgastado el lado opuesto o remplazarlas si ya lo están, para no dañar la mesa o cuchilla. En los cargadores y en las maquinas con riper, los casquillos o dientes es conveniente cambiarlos antes que dañen las bases de los dientes de los cucharones o el vástago en el riper.

El núcleo del radiador es necesario limpiarlo, tan a menudo como sea necesario, según el estado del radiador, para sacarle el polvo, hojas y basura en general. Se puede utilizar aire comprimido, agua a alta presión o vapor. Si el motor de la máquina está calentando mucho, puede ser una causa de la suciedad en el núcleo del radiador, o que el tapón del radiador no esté sellando bien; en tal caso, es necesario cambiar el tapón.

2.2.3.2. Diariamente o cada 10 horas

En el servicio diario, se tiene que realizar una inspección alrededor de la máquina para mantener un estricto control respecto a fugas; se necesita que se encuentre la causa y se corrijan las fugas. Se deben reparar las fugas que se encuentran en el compartimiento del motor; inspeccionando alrededor de todos los sellos. También se debe verificar los niveles de los fluidos y con mayor frecuencia en los que se creen o se sabe que hay fugas.

El nivel de aceite en el motor (Fig. 34) no debe de sobrepasarse; si lo hace puede causar averías en el motor. La varilla de medición y el tapón de llenado del aceite del cárter esta en lado derecho de los motores. Se puede hacer la medición con el motor funcionando; al estar el aceite a la temperatura normal de operación, debe estar el nivel de aceite entre las marcas ADD (añadir) y Full (lleno) del lado motor funcionando (engine running) de la varilla de medición. Con el motor parado, se debe mantener el nivel del aceite entre las marcas Low (bajo) y Full (lleno) del lado del motor parado (engine stopped).

Figura 34. Nivel de aceite de motor Cargador Frontal 930



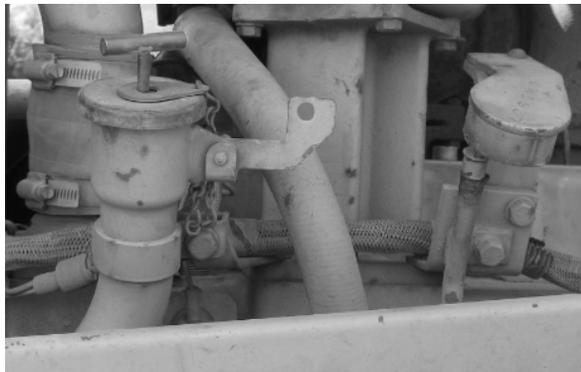
Se debe inspeccionar y reparar toda fuga que se encuentre en el sistema hidráulico, como son: las mangueras, sellos, bridas, los cilindros y el mecanismo de accesorio para determinar si tienen averías o desgaste excesivo. El nivel de aceite hidráulico en las máquinas se tiene que medir, a través de una mirilla de vidrio en el tanque que muestra el aceite y que se tiene que mantener entre las marcas de añadir y lleno (Fig. 35). Todas las máquinas deben de tener sus equipos sin presión hidráulica, es decir, sin estar operando; en los tractores, la hoja y el desgarrador se mantienen en el suelo y en los cargadores se baja el cucharón al suelo.

Figura 35. Nivel de aceite hidráulico Cargador Frontal 930



Inspeccionar y reparar toda fuga que se encuentre en la transmisión, alrededor de todos los sellos, tapas y de las mangueras de la transmisión, así como también todas las fugas que se pueden encontrar en los mandos finales. El nivel de aceite de la transmisión se verifica con el aceite a la temperatura normal de operación, y se debe mantener entre las marcas de bajo y lleno del lado baja en vacío (low idle) de la varilla de medición (Fig. 36). Agregar aceite si es necesario por medio del tapón de llenado.

Figura 36. Nivel de aceite de la transmisión tractor D6H



Se deben revisar las herramientas de corte; las superficies de las hojas y la de los desgarradores, para ver si tienen averías o desgaste excesivo, y así realizar las reparaciones necesarias.

En el sistema eléctrico, se inspecciona las luces, para ver si tiene bombillos quemados, lentes rotos, los protectores de las luces y guardas dañados, así como también los indicadores, medidores y bocinas.

Se debe inspeccionar y reparar toda fuga que se encuentre en el sistema de enfriamiento, como las mangueras, las aletas del radiador, la tapa del radiador y el área de drenaje. Se debe de inspeccionar el núcleo del radiador, para ver si tiene basura y limpiarlo, si es necesario, con aire comprimido de preferencia o se puede usar agua a presión.

El tanque de combustible se tiene que drenar, para eliminar la humedad y sedimentos. La válvula se encuentra en la parte inferior del tanque de combustible.

Se debe de inspeccionar visualmente las cadenas, para ver si hay acumulación excesiva de tierra en los componentes de las cadenas, y ver si están excesivamente desgastadas, y de esa manera reparar las cadenas dañadas. Es necesario apretar todo perno flojo y remplazar los que falten.

2.2.6.3. Semanalmente o cada 50 horas

Los tractores son las únicas máquinas que se encuentran en la Zona Vial que cuentan con tren de rodaje. El tren de rodaje es de suma importancia y es necesario conservarlo para extender la vida útil y evitar un exceso de paralizaciones. Se debe de prestar atención, para ver si se oye rechinar las cadenas. El rechinado de las cadenas puede indicar que las juntas de las cadenas están secas. Inmediatamente después de operar la máquina, se recomienda que se inspeccione una vez por semana las cadenas para determinar si hay juntas secas; es necesario tocarlas ligeramente con el dorso de la mano el extremo de cadena pasador o buje y poder hacerle una marca a todas las juntas que se sienta demasiado calientes al tocarlas. No es recomendable golpear los extremos de los

pasadores con un mazo, para aflojar las juntas de las cadenas, porque se puede crear demasiado juego en la junta de la cadena y causar fallas prematuras.

Es necesario que a los cargadores, motoniveladoras y tractores se les pueda lubricar semanalmente todas las conexiones con grasa, especialmente aquellas en donde existe un cojinete funcionando o bushig y, en especial, los equipos que movilizan las herramientas de corte y carga. Se debe de limpiar la conexión o graseras y poder aplicar la grasa hasta observar que se aplico la cantidad exacta al ver salir el exceso.

2.2.6.4. Mensualmente o cada 250 horas

En el período de servicio mensual o cada 250 horas, el cambio de aceite del motor es factor esencial en la conservación de los motores. Es esencial prestar importancia para no sobre pasarse, ya que las partes internas del motor pueden sufrir daño.

Para hacerle el cambio de aceite, se quita la tapa de acceso ubicada en la gabacha o protector que se encuentra por debajo del motor; se quita el tornillo para drenar el aceite para ser recibido en un recipiente, luego se le quita el filtro de aceite con su sello que se encuentran en la parte derecha del motor para poder liberar la presión, y se puede añadir un poco de aire a presión para sacar todo el aceite; se coloca el tornillo de drenaje del motor y se coloca su tapadera; se limpia la base del filtro y se coloca un sello nuevo untándolo con un poco de aceite al filtro nuevo, luego se instala el filtro nuevo con la mano, hasta que la empaquetadura toque la base del filtro, y se le añade ¼ de vuelta más.

Para añadirle el aceite nuevo al cárter, se quita la tapadera de llenado que se encuentra a la par de la varilla de medición. Hay que consultar la tabla de capacidad de llenado indicado para cada máquina; limpie e instale la tapa de llenado. Siempre hay que medir el aceite con la varilla de medición para asegurarse que la cantidad que se añade es la correcta. Con el motor en baja y en vacío, con la temperatura normal de operación, hay que mantener el nivel de aceite entre las marcas añadir y lleno de la varilla de medición.

Es necesario que se verifique el tapón del radiador, para comprobar que no está dañado el empaque y que no existe ninguna fuga en él.

En los tractores D4, D6D, y D7 se tienen que verificar el nivel del aceite de los mandos finales, quitando el tapón de llenado que se encuentra en la parte intermedia del housing del mando final, el aceite debe de estar por el fondo de la abertura de llenado. Pero en los tractores D6H, como son de cabía elevada, se tienen que posicionar los mandos independientemente, de manera que el tapón de llenado de aceite quede horizontalmente con la marca de nivel de aceite; se saca el tapón de llenado, el nivel del aceite debe estar por el fondo de la abertura de llenado, entonces se le agrega aceite y, si es necesario, se limpia el imán del tapón y se instala.

El sistema de frenos en la maquinaria juega un papel de suma importancia, ya que de ello depende la seguridad del operador, como también la de las personas que trabajan cerca de ellas. Los frenos se pueden probar en una superficie horizontal y seca, teniendo el cuidado que no haya personas ni obstáculos en el área alrededor de la maquina. Una manera de probar los frenos es de la siguiente manera: se arranca el motor, se levantan todos los accesorios, se conecta el freno de servicio y se suelta el freno de

estacionamiento, luego se coloca la palanca en la segunda velocidad de avance y se aumenta gradualmente la velocidad del motor a alta en vacío.

No debe de moverse la máquina. Si la máquina se movió al probar los frenos, entonces se debe de chequear.

En el tren de rodaje, las cadenas deben de ser ajustadas; antes de medir la comba de la cadena, hay que dejar que la máquina se pare sola mientras se mueve en avance. No hay que pararla con los frenos, hay que cerciorarse de que la cadena quede apretada entre la rueda motriz y la rueda guía. Para hacer el ajuste de la cadena, es recomendable leer el tema del tren de rodaje (numeral 2.2.5. Tren de rodaje)

En los cargadores se debe nivelar el líquido de frenos; hay que revisar los chamber para comprobar que no tenga ninguna fuga y se inspecciona el freno de parqueo.

Se debe inspeccionar el estado de las correas del ventilador y del radiador, y remplazar las correas que estén desgastadas o dañadas. Así también, se debe de lubricar las poleas y piñón del mando del ventilador como también todas las conexiones de engrase.

En las baterías convencionales hay que comprobar el nivel de electrólito cada 100 horas; en baterías de bajo mantenimiento hay que comprobar el nivel del electrólito cada 250 horas y las baterías libres de mantenimiento no necesitan del mismo. Es necesario que se les haga, también a las baterías, una limpieza a la parte superior de las mismas,

con un trapo limpio, mantener los bornes limpios y untados con grasa o vaselina para evitar el sarro. En temperaturas extremas, es necesario verificar semanalmente las celdas por que las baterías pueden usar más agua de lo normal.

El filtro y el aceite de la transmisión en algunas de las máquinas es recomendable que sea cambiado cada mes, como es el caso de los tractores, pero en los cargadores y motoniveladoras, lo que se hace es nivelar el aceite. Si hay algún desperfecto en el sistema de la transmisión, es necesario que se atendido.

En los tractores, para hacerle el cambio de aceite en la transmisión, se procede a sacar el aceite hidráulico, se quita el filtro, se lava el porta elemento del filtro con disolvente limpio, se limpia la base del filtro, se instala un filtro nuevo, se cierra el tapón por donde se saca el aceite, se le administra el aceite según su tabla de capacidad de llenado. Se arranca el motor dejándolo a baja en vacío y el aceite a la temperatura normal de operación; hay que mantener el nivel de aceite entre las marcas bajo y lleno de la varilla de medición. Se le añade aceite por el tubo de llenado si es necesario.

2.2.6.5. Trimestralmente o cada 500 horas

El filtro y el aceite de la transmisión en algunas de las máquinas es recomendable que sea cambiado cada tres meses, sin embargo, cualquier irregularidad en el sistema hidráulico que pueda causar daño a la máquina es necesario que sea atendido de inmediato. Esto se hace si se observa que la máquina no está trabajando en óptimas condiciones y el indicador muestre un aumento en la temperatura.

El aumento de la temperatura son signos de que pueda haber problemas en los filtros, que haya una fuga interna en la transmisión, que una bomba no esté trabajando bien; es entonces necesario hacer el servicio antes del tiempo estimado y se repararan las fallas.

Se procede a drenar el aceite de la transmisión y del convertidor par; se quita el filtro, se lava el porta elemento del filtro con disolvente limpio, se limpia la base del filtro, se instala un filtro nuevo, se cierra el tapón por donde se saco el aceite en la parte baja de la trasmisión, luego se le administra el aceite según su tabla de capacidad de llenado.

Se arranca el motor dejándolo a baja en vacío y el aceite a la temperatura normal de operación; se debe mantener el nivel de aceite entre las marcas bajo y lleno de la varilla de medición. Se le añade aceite por el tubo de llenado si es necesario.

Para el sistema de trasmisión, para evitar que partículas de desgaste de los mandos finales lleguen directamente a las bombas y filtro, se emplean unos filtros imantados, los cuales se deben de lavar. Se quita la tapa, el imán, la rejilla y se lavan con disolvente limpio. Se instala la rejilla e imán limpios; se inspecciona el sello de la tapa y se remplaza si es necesario. Se procede a instalar su tapadera.

El sistema hidráulico en la maquinaria desempeña la tarea de establecer que todas las herramientas de trabajo y accesorios puedan operar en las máquinas en perfectas condiciones; para ello, se debe de prestar atención a los problemas de fugas; porque puede hacer que se quede sin aceite hidráulico el sistema, y se pueda dañar alguna de las bombas y válvulas de mandos.

Puede existir calentamiento, que sea provocado por la suciedad o taponamiento de los filtros. Es necesario que todo el sistema hidráulico sea cambiado. Se drena todo el aceite hidráulico que se encuentra dentro del tanque, se quita un tapón que se encuentra en la parte inferior del tanque, se recibe el aceite en un recipiente y se cambian los filtros hidráulicos que se encuentran dentro del mismo; se coloca nuevamente el tapón del tanque después de haber drenado el aceite. Se procede entonces a aplicar el aceite nuevo, siempre tomando como referencia la tabla de capacidad de llenado para la máquina, a la cual se le está haciendo el servicio y verificando con la mirilla que se encuentra en el tanque. Tienen que estar los equipos sin estar operando y el aceite entre las marcas de lleno y añadir. Se debe de lavar la rejilla que impide que entre alguna basura al tanque y, si es necesario, se reemplaza el sello del tapón de llenado del tanque hidráulico.

El respiradero en los motores se recomienda que sea limpiado y que sea cambiado su sello de la tapa, si es usado es dañado. Se debe de lavar el elemento y el conjunto de tapa con un disolvente limpio. Se debe de sacudir o usar aire a presión, para secar el elemento del respiradero.

En el sistema de combustible, se tiene que hacer limpieza del elemento primario del filtro (Fig. 37). Se tiene que cerrar la válvula de toma de combustible, para evitar la entrada de combustible al motor. En algunas máquinas, como el tractor D4, D6D, los cargadores 930 y las motoniveladoras 12F, 120G se quita el porta elemento con su elemento, se saca el elemento del porta elemento y se lava; se seca el elemento con aire comprimido, se inspecciona el sello y se reemplaza, si está dañado, luego, se introduce el elemento limpio.

En los tractores D6H, se puede drenar el agua sin quitar el filtro o trampa de agua aflojando la válvula de drenado que está incorporada en el, en la parte de abajo.

Figura 37. **Filtro primario de agua**



El elemento secundario del filtro de combustible si es necesario que se cambie, ya que este es desechable y necesita ser remplazado por uno nuevo. Se saca y descarta correctamente el elemento usado del filtro, se limpia la base de montaje del elemento del filtro, hay que cerciorarse de haber quitado todo el sello usado; a continuación se unta el sello nuevo con diesel limpio para colocarlo al filtro nuevo, se instala el nuevo elemento del filtro con la mano, y cuando el sello toque la base, se debe de añadir $\frac{3}{4}$ de vuelta, entonces ya se puede abrir la válvula de la toma del combustible. Se tiene que cebar (alimentar) el sistema de combustible.

Para poder efectuar el cebado del sistema de combustible, se debe sacar el embolo de la bomba de cebado, se opera la bomba para llenar de combustible los elementos nuevos del filtro, se continua bombeando hasta que se sienta resistencia, indicando que se llenaron los elementos de combustible, entonces se empuja hacia abajo el émbolo de la

bomba de cebado, se arranca el motor, y se ve si hay alguna fuga alrededor de los elementos del filtro. Si no arranca el motor, es porque hay aire atrapado en las tuberías de combustible al motor. Se deben aflojar todas las tuberías de inyección de combustible en la culata de cilindros del motor, con la palanca de aceleración en baja en vacío, se gira el interruptor de arranque, hasta que fluya combustible sin burbujas de aire por todas las tuberías de combustible, luego se para el motor y aprietan las tuercas de las tuberías de combustible.

En el tanque de combustible, se debe limpiar la tapa y el colador, hay que quitar la tapa de llenado del tanque de combustible y el colador; se desarma la tapa del tanque de combustible, se lava la tapa y el colador con disolvente limpio, se inspecciona el sello de la tapa del tanque y se reemplaza si está dañado, después se unta un poco de aceite en los componentes de la tapa y se arma e instala.

2.2.6.6. Semestralmente o cada 1000 horas

En el servicio semestral, se debe quitar y limpiar el filtro magnético con un disolvente limpio, para eliminar toda partícula metálica que haya sido atraída a él, y se limpia también su tapadera.

En el sistema de transmisión, es necesario drenar el aceite y cambiar el elemento de filtro; se recomienda operar la máquina lo suficiente para que se caliente el aceite del tren de fuerza, y así sea más fácil que salga el mismo. La máquina debe estar en un suelo

horizontal, se bajan los accesorios al suelo y se aplica una ligera presión hacia abajo. Es necesario desmontar el protector inferior trasero o gabacha para tener acceso al drenaje.

Se tiene que quitar los tapones para drenar el aceite que se encuentra en la parte inferior del convertidor de par y la transmisión, se recoge el aceite en un recipiente adecuado. Se debe de cambiar el elemento de filtro; se recomienda revisar el periodo de servicio trimestralmente o cada 500 horas.

Se procede a llenar de aceite; es necesario consultar la tabla de capacidad de llenado para la máquina, a la cual se le está haciendo el servicio, y comprobar siempre el nivel de aceite con la varilla de medición para cerciorarse de que la cantidad de aceite sea la correcta.

Con el motor a baja en vacío y que el aceite se encuentre en la temperatura normal de operación; hay que mantener el nivel de aceite entre las marcas añadir y lleno de la varilla de medición. Se debe de volver a instalar el protector inferior trasero.

Se debe inspeccionar la estructura de protección en caso de vuelcos, para ver si hay pernos flojos o dañados, y remplazar los pernos averiados o faltantes.

En el sistema hidráulico, se tiene que eliminar el aceite del tanque y sus filtros, instalar nuevos filtros, limpiar la rejilla de acceso de aceite al tanque y añadirle el aceite indicado. Se debe de verificar el servicio de 500 horas y consultar la tabla de capacidad de llenado de la máquina, a la cual se le está haciendo el servicio.

2.2.6.7. Anualmente o cada 2000 horas

Al sistema de refrigeración se le hace su servicio, drenando el refrigerante por medio de la válvula que se encuentra en la parte inferior del radiador, pero antes hay que quitar el tapón del radiador para liberar la presión; se debe de quitar el enfriador de aceite y limpiarlo. Se coloca el enfriador de aceite y se cierra la válvula de drenado y se agrega el anticongelante en una relación de 2 partes de agua a 1 de anticongelante.

Se debe de comprobar el juego de válvulas del motor. La calibración se debe de hacer dejando las válvulas de admisión a 0.38 mm (0.015 in) y las de escape a 0.64 mm (0.025in).

En los cargadores, se debe de hacerle cambio de aceite a los mandos finales y diferenciales de los ejes delanteros y traseros.

El cambio de aceite a los mandos finales (Fig. 38) se le hace colocando el tapón de llenado y drenaje en la parte inferior. Se quita el tapón y se drena el aceite en un recipiente adecuado. Para llenarlo, se coloca el orificio del tapón en posición horizontal y se le añade aceite, hasta que llegue a las roscas del orificio del tapón, luego se coloca el tapón. Se debe de consultar la tabla de capacidad de llenado. Se sigue el mismo procedimiento para los otros mandos.

Figura 38. Drenaje y llenado de aceite de mandos finales en un cargador 930



Al diferencial delantero (Fig. 39) se le drena su aceite; se quita el tapón que se encuentra en la parte inferior del diferencial, se deposita el aceite en un recipiente adecuado, se limpia el tapón y se vuelve a colocar. Para llenar de nuevo el aceite, se quita el tapón de llenado y se le añade aceite hasta que el aceite llegue a las roscas del tapón de llenado y se consulta la tabla de capacidad de llenado.

Figura 39. Drenaje y llenado de aceite del diferencial delantero cargador 930



En el diferencial trasero (Fig. 40), se quita el tapón de drenado y se recibe el aceite en un recipiente adecuado; se limpia y se coloca nuevamente el tapón. El llenado del aceite se hace quitando el tapón de llenado que se encuentra a un extremo del diferencial, se llena hasta que el aceite llegue a la rosca del tapón de llenado y luego se consulta la tabla de capacidad de llenado.

Figura 40. Llenado de aceite del diferencial trasero cargador 930



En las motoniveladoras, es necesario cambiar el aceite del mecanismo de giro de la tornamesa (Fig. 41), drenando el aceite por medio del tornillo de drenaje, y llenarlo según la tabla de capacidad de llenado por medio del tornillo de llenado, que se encuentra en la parte superior.

Figura 41. Caja de mando de tornamesa motoniveladora 120G



En las motoniveladoras, también debe de cambiarse el aceite de los tándem, el cual lleva uno a cada lado de la máquina (Fig. 42). Se debe de quitar el tornillo de drenado que se encuentra en la parte inferior de cada tándem, luego se limpian y se vuelven a colocar.

Figura 42. Tándem motoniveladora Champion 710A



Se deben de quitar los respiraderos y limpiarlos con solvente, los cuales no deben de quedar tapados. Se le agrega aceite, consultar la tabla de capacidad de llenado y se verifica con la varilla de medición; tiene que quedar entre las marcas de añadir y lleno (Fig. 43).

Figura 43. **Verificación de nivel de aceite del tándem**



2.2.7. Fichas de control de mantenimiento

Tabla XIII. Ficha de control de mantenimiento (50 hrs.)



FICHA DE MANTENIMIENTO
 REPORTE DE MANTENIMIENTO
 SEMANAL (CADA 50 HRS.)

No D. G. C.: _____

HORÓMETRO: _____

FECHA: _____

MÁQUINA: _____ MODELO: _____ SERIE: _____

DESCRIPCIÓN: BUENO AJUSTADO NECESITA REPARACIÓN

01	Revisar nivel de aceite de la transmisión	
02	Revisar nivel de aceite de los mandos finales	
03	Revisar nivel de aceite de embragues direccionales	
04	Revisar nivel de aceite del motor	
05	Revisar nivel de aceite del sistema hidráulico	
06	Revisar las terminales y el nivel de agua de la batería	
07	Revisar nivel de aceite del tandem	
08	Revisar nivel de aceite de la caja de circulo	
09	Revisar las condiciones del turbo cargador	
10	Revisar el sistema de enfriamiento	
11	Revisar los rodajes, zapatas, y pernos	
12	Revisar tensión de las cadenas	
13	Drenar el agua de los filtros de combustible	
14	Drenar el agua y la basura del tanque de combustible	
15	Limpiar el pre filtro del purificador de aire	
16	Revisar las fajas del ventilador y alternador	
17	Lubricar las puntas de engrase	
18	Revisar visualmente los implementos (Fugas de aceite, agua, partes rotas, etc.)	
19	Otros:	

REPARACIONES NECESARIAS:

CONSUMO DE LUBRICANTES EN SERVICIO

LUBRICANTES	LITROS	GALONES
ACEITE DE MOTOR		
ACEITE DE TRANSMISION		
ACEITE HIDRÁULICO		
ACEITE DE MANDOS FINALES		
COMBUSTIBLE		
GRASA		
OTROS		

Aceites y combustibles adquiridos en:

RESPONSABLE: _____

Tabla XIV. **Ficha de control de mantenimiento (250 hrs.)**



FICHA DE MANTENIMIENTO

REPORTE DE MANTENIMIENTO
MENSUAL (CADA 250 HRS.)

No D. G. C.: _____

HORÓMETRO: _____

FECHA: _____

MÁQUINA: _____ MODELO: _____ SERIE: _____

DESCRIPCIÓN: BUENO AJUSTADO NECESITA REPARACIÓN

01	Drenar el agua y la basura del tanque de combustible	
02	Ajustar los tornillos y tuercas del sistema de entrada de aire al manifold	
03	Limpiar la rejilla del tapón del tanque de combustible	
04	Ajustar los frenos direccionales	
05	Limpiar el filtro de aire	
06	Limpiar los tornillos y tuercas de la barra de tiro	
07	Limpiar los tornillos y tuercas de la barra niveladora	
08	Limpiar y aceitar el respirador del embrague principal	
09	Limpiar y aceitar el respirador de los embragues direccionales	
10	Limpiar y aceitar el respirador de la transmisión	
11	Limpiar y aceitar el respirador del motor principal	
12	Cambiar el aceite del motor principal	
13	Cambiar el filtro de aceite del motor principal	
14	Cambiar todos los filtros de diesel	
15	Cambiar el filtro del sistema hidráulico y su aceite	
16	Engrasar las poleas de ajuste de las fajas	
17	Cambiar el aceite de la transmisión	
18	Cambiar el filtro de la transmisión	
19	Limpiar el filtro magnético de la transmisión	
20	Revisar visualmente los implementos (Fugas de aceite, agua, partes rotas, etc.)	
21	Revisar y ajustar los embragues direccionales	
22	Revisar y ajustar el embrague principal	
23	Revisar y ajustar el sistema hidráulico (Empaques, tuberías, mangueras, etc.)	
24	Revisar los indicadores (Presión de aceite, temperatura, horómetro, etc.)	
25	Limpiar la gabacha	
26	Revisar el nivel de electrolito de la batería	

REPARACIONES NECESARIAS:

CONSUMO DE LUBRICANTES EN SERVICIO

LUBRICANTES	LITROS	GALONES
ACEITE DE MOTOR		
ACEITE DE TRANSMISION		
ACEITE HIDRÁULICO		
ACEITE DE MANDOS FINALES		
COMBUSTIBLE		
GRASA		
OTROS		

Aceites y combustibles adquiridos en:

RESPONSABLE: _____

REPARACIONES NECESARIAS:

CONSUMO DE LUBRICANTES EN SERVICIO

LUBRICANTES	LITROS	GALONES
ACEITE DE MOTOR		
ACEITE DE TRANSMISION		
ACEITE HIDRÁULICO		
ACEITE DE MANDOS FINALES		
COMBUSTIBLE		
GRASA		
OTROS		

Aceites y combustibles adquiridos en:

RESPONSABLE:

2.2.7.1. Ficha individual de máquina

Tabla XVI. Ficha de descripción individual de máquina



FICHA DE MAQUINARIA
DIVISION DE MANTENIMIENTO
POR ADMINISTRACIÓN

No D. G. C.: _____

TIPO DE MÁQUINA	
MARCA	
MODELO	
SERIE	
MOTOR MARCA	
MODELO	
SERIE	

2.2.7.2. Historial de fallas y averías

Al desarrollar el programa de mantenimiento, uno de los objetivos de más importancia es el llegar a establecer un historial de la maquinaria, ya que al contar con este, el departamento de maquinaria podrá evaluar y tomar decisiones en función de la propia experiencia con los equipos, por ejemplo: una máquina que ha fallado en varias ocasiones, al ver su propia historia, se puede saber que se ha gastado más de lo que cuesta comprar una nueva; por lo tanto, se podrá decidir si es descartada o reemplazada.

La tarjeta de trabajo es el documento que servirá para guardar toda la información recabada en las órdenes de trabajo; estas deben de ser llenadas por el departamento de talleres y transferida al departamento de maquinaria. La tarjeta de trabajo debe ser una por equipo. En su encabezado llevara toda la información de identificación del mismo, y en el cuerpo se podrá anotar la fecha de la reparación, en que consistió la reparación y cuanto costó.

El historial de la maquinaria es la base de datos del departamento de maquinaria y no importa cuántas personas van manejando el departamento, a través de los años, y si se mantiene el día el historial. Como se puede ver, cualquier persona que llegue de nuevo a manejar el Departamento de Maquinaria, podrá contar con la historia o experiencia de la maquinaria, como que si ella hubiera estado desde que se inicio la Zona Vial.

2.2.7.3. Ficha de control de inspección de maquinaria

Las fichas de inspección de maquinaria son diseñadas para llevar un control de todos los chequeos que deben de efectuarse en ese servicio y las observaciones necesarias convenientes.

Para lograr llevar el control de mantenimiento, se tiene que recabar toda información posible, para el historial de cada máquina.

Tabla XVIII. **Ficha de inspección de maquinaria**



FICHA DE INSPECCIÓN DE MAQUINARIA
 REPORTE DE MANTENIMIENTO
 CADA 50 HORAS

No D. G. C.: _____

MÁQUINA: _____ MODELO: _____ SERIE: _____

SERVICIO	HORÓMETRO	FECHA	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
50 Hrs				
50 Hrs				
50 Hrs				
50 Hrs				
50 Hrs				
(250 Hrs)				

SERVICIO	HORÓMETRO	FECHA	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
50 Hrs				
50 Hrs				
50 Hrs				
50 Hrs				
(500 Hrs)				
50 Hrs				
50 Hrs				
50 Hrs				

SERVICIO	HORÓMETRO	FECHA	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
50 Hrs				
50 Hrs				
(750 Hrs)				
50 Hrs				
50 Hrs				
50 Hrs				
50 Hrs				
(1000 Hrs)				
50 Hrs				

SERVICIO	HORÓMETRO	FECHA	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
50 Hrs				
50 Hrs				
50 Hrs				
50 Hrs				
(1250 Hrs)				
50 Hrs				
50 Hrs				
50 Hrs				

SERVICIO	HORÓMETRO	FECHA	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
50 Hrs				
(1500 Hrs)				
50 Hrs				
50 Hrs				
50 Hrs				
50 Hrs				
50 Hrs				
(1750 Hrs)				
50 Hrs				
50 Hrs				

SERVICIO	HORÓMETRO	FECHA	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
50 Hrs				
50 Hrs				
50 Hrs				
(2000 Hrs)				
50 Hrs				
50 Hrs				
50 Hrs				
50 Hrs				

2.2.7.4. Fichas de orden de trabajo

Tabla XIX. Ficha de orden de trabajo



FICHA DE ORDEN DE TRABAJO

DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO

POR ADMINISTRACIÓN

Fecha de petición: _____

Lugar de trabajo: _____

No. D.G.C.	TIPO DE MÁQUINA	MARCA	MODELO	HORÓMETRO

1	Motor	11	Sistema hidráulico
2	Sistema de enfriamiento	12	Convertidor
3	Sistema de combustible	13	Transmisión
4	Sistema de lubricación	14	Servo transmisión
5	Sistema eléctrico	15	Mandos finales
6	Sistema de frenos	16	Diferencial delantero
7	Sistema de rodaje	17	Diferencial trasero
8	Sistema de dirección	18	Instrumentos
9	Suspensión	19	Accesorios
10	Cabina	20	Otros

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	

RESPONSABLE: _____

2.2.7.5. Ficha de repuestos utilizados

Tabla XXI. Ficha de repuestos y lubricantes utilizados



FICHA DE REPUESTOS UTILIZADOS

DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO
POR ADMINISTRACIÓN

Fecha: _____

RESPONSABLE: _____

No. D.G.C.	TIPO DE MÁQUINA	MARCA	MODELO	HORÓMETRO

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN REPUESTO	PARTE No.	UNITARIO	TOTAL
			TOTAL	

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN DEL LUBRICANTE	UNITARIO	TOTAL
		TOTAL	

3. FASE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

3.1 Contenido

3.1.1 Ítems de de trabajo de mantenimiento

Para conservar la maquinaria en buen funcionamiento, es necesario seguir estrictamente las recomendaciones que requieran todos los sistemas.

3.1.1.1 Sistema de combustible

Se debe llenar el tanque de combustible al finalizar cada jornada de trabajo, para eliminar el aire cargado de humedad y evitar la condensación. No llenar el tanque hasta el borde, pues el combustible se expande cuando se calienta y podría rebalsar.

Se debe verificar el nivel de combustible con la varilla de medición en la abertura de llenado. No hay que llenar los filtros de combustible con combustible antes de instalarlos. El combustible contaminado puede acelerar el desgaste de las piezas del sistema.

Después de cambiar los filtros del combustible, se debe purgar y cebar el sistema de combustible, para eliminar las burbujas de aire del sistema.

El agua y los sedimentos se deben drenar del tanque de combustible al comienzo de cada turno de trabajo o después de haber llenado el tanque y de haberlo dejado asentar durante 5 a 10 minutos.

3.1.1.2 Sistema hidráulico

El aceite de compensación agregado al sistema hidráulico se debe mezclar con el aceite que se encuentra en el tanque.

El agua o el aire pueden provocar la falla de la bomba. Si el aceite hidráulico se vuelve turbio, significa que está entrando agua o aire al sistema. Se debe drenar el fluido, volver a ajustar las abrazaderas de las tuberías hidráulicas de succión, así purgar el sistema y volver a llenarlo.

3.1.1.3 Sistema de admisión de aire

El elemento primario se puede limpiar hasta seis veces, antes de tener que cambiarlo. Se cambia el elemento primario una vez al año, aunque no se haya limpiado seis veces. Cuando se atiende el elemento primario por tercera vez, hay que cambiar el filtro secundario. Se debe desechar cualquier elemento que esté rasgado o roto en el material del filtro.

3.1.1.4 Sistema eléctrico

Al utilizar una fuente eléctrica externa para arrancar la máquina, hay que girar el interruptor general a la posición de apagado y sacar la llave antes de conectar los cables auxiliares.

Cuando se utilizan cables auxiliares, debe asegurarse de que están conectados en paralelo: positivo (+) a positivo (+) y negativo (-) a negativo (-). No hay que permitir que se junten los cables, pues de lo contrario emitirán una descarga, lo cual atentaría contra la seguridad del que los esté manipulando.

Utilizar únicamente un voltaje igual para arranque auxiliar. La utilización de un voltaje más alto deteriorará el sistema eléctrico.

Revisar el nivel de electrolito de las baterías, así como también el estado de las terminales.

3.1.1.5 Sistema de enfriamiento

Nunca se debe agregar refrigerante a un motor recalentado; hay que dejar que el motor se enfríe antes de hacerlo.

El agua es siempre corrosiva a temperaturas de operación del motor. Use agua limpia con bajo contenido de minerales que formen escamas. No utilice agua ablandada químicamente. Agregue al agua inhibidor de sistemas de enfriamiento para protección contra la corrosión.

Cuando se utilizan soluciones de agua y anticongelante permanente en el sistema de enfriamiento, hay que drenar la solución y cambiarla cada 2000 horas de servicio o una vez al año. Cuando se agrega inhibidor de sistemas de enfriamiento cada 500 horas de servicio o 3 meses, no es necesario vaciar y volver a llenar el sistema una vez al año. El período de drenaje se puede extender a cada 4000 horas de servicio o 2 años.

Revisar también el estado de las fajas del motor, así como también el núcleo y el tapón del radiador.

3.1.1.6 Niveles de aceite

- Nivel de la transmisión
- Nivel de mandos finales

- Nivel de embragues direccionales
- Nivel del motor
- Nivel del sistema hidráulico
- Nivel del tándem
- Nivel de la caja de círculo
- Nivel de diferenciales

CONCLUSIONES

1. El establecimiento de un programa de adiestramiento para el personal será de gran ayuda para una adecuada ejecución del plan de mantenimiento, así como de la operación de la maquinaria pesada disponible en la Zona Vial.
2. A través del seguimiento de procedimientos apropiados de mantenimiento preventivo esenciales como lubricación y engrase, los operadores contribuyeron a prolongar la vida de la maquinaria y minimizar así los costos de operación y mantenimiento y ser inspectores de su propia máquina.
3. Al rodar la maquinaria a grandes distancias, se acortó la vida del tren de rodaje y de todo lo referente a sus mandos finales, por lo que cuando la distancia sea considerable es conveniente hacerlo por otros medios.
4. Cuando la maquinaria circula grandes distancia provoca calentamiento en las bombas, frenos y rodajes; este calentamiento se transmite al aceite, lo que provocó deterioro de los aditivos y consecuentemente la degradación del aceite.
5. La operación de mantenimiento juega un papel importante para que la maquinaria o equipo preste el servicio para el cual fue diseñado. Se debe tener en cuenta que el cuidado y mantenimiento son de igual importancia, ya que si no hay un buen mantenimiento preventivo y sin una buena operación, la maquinaria se dañará y no cumplirá con su función.

6. Uno de los mayores errores en el manejo y uso de la maquinaria o equipo es el de hacerla operar por largos períodos, sin realizar los paros necesarios, para efectuar un mantenimiento de las mismas y ejecutarlo únicamente cuando hay fallas, ya que esto incrementará los costos, tanto de repuestos, como de personal.

7. Cuando la maquinaria ha sido sometida a trabajos forzados y no se le ha dado una correcta operación, ni un mantenimiento adecuado, esto provocará averías, lo cual eleva el costo de reparación y de repuestos requeridos por los mismos.

8. Es de gran importancia contar con fichas de control de la maquinaria para el plan de mantenimiento, el cual denotará si se ha realizado el mantenimiento establecido.

RECOMENDACIONES

Al jefe de la Zona Vial

1. Se deben gestionar más recursos económicos ante la Dirección General de Caminos, para ampliar el presupuesto de caja chica de la Zona Vial, y así aumentar la posibilidad de compra de repuestos y lubricantes adecuados, para la maquinaria que necesita con urgencia una reparación.
2. Se debe establecer el nivel jerárquico en la Zona Vial y en especial en la sección de maquinaria y talleres, para que pueda funcionar objetivamente, y pueda solucionar los problemas que se suscitan.
3. Es conveniente prolongar reuniones con el jefe de maquinaria y jefe de talleres, para enterarse del estado actual de las máquinas y del movimiento de éstas.
4. Hay que programar la capacitación al personal de talleres y maquinaria de la Zona Vial, por medio de charlas, visitas técnicas a las empresas distribuidoras de dicha maquinaria, para que puedan conservar y resolver problemas en las máquinas y equipos.

Al jefe de maquinaria

5. Se debe implementar una línea de mando, tanto del personal de maquinaria, como para el personal de talleres, que permita supervisar en forma más eficiente los trabajos realizados por el Departamento de Maquinaria y de Talleres.

6. Es necesario delegar funciones administrativas al sub jefe del departamento, de manera directa, para supervisar de una mejor forma los trabajos realizados por el Departamento de Maquinaria y Talleres.

7. Hay que tener una buena comunicación con el jefe de talleres, para que se puedan coordinar las reparaciones de las máquinas.

Al jefe de talleres

8. Se debe minimizar el tiempo de reparaciones de las máquinas por el personal de taller y coordinar con la sección de maquinaria, para no atrasar las reparaciones por falta de repuestos.

9. Es conveniente inspeccionar las reparaciones de la maquinaria y equipo, para verificar si se realizan adecuadamente, y así aportar ideas haciendo las reparaciones en mejor forma.

10. Se deben seleccionar las partes que puedan ser útiles en dicha Zona Vial, o partes y/o repuestos de la diferente maquinaria, que está catalogada como chatarra, y de esa manera se pueda realizar un intercambio, que permita reparar la maquinaria y equipo, en las distintas Zonas Viales de la Dirección General de Caminos.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Company. **El aceite y su motor, pasos alrededor de la máquina.** E.E.U.U.: Caterpillar, 1992.
2. Avallone, Eugene A. y Theodore Baumeister. **Manual del ingeniero mecánico. Tomos 1 y 2, 3ª ed.** México: Editorial McGraw-Hill, 1995.
3. Caterpillar Inc. **Manual de partes y repuestos de la diferente maquinaria.** E.E.U.U.: 1982.
4. Caterpillar Inc. **La guía de su tren de rodaje.** E.E.U.U.: Editorial Caterpillar, 1986.
5. Caterpillar America Company. **Manual de Conservación de cargadores de ruedas 920 y 930.** s.e. USA: Caterpillar, s.a.
6. Caterpillar America Company. **Manual de operación y mantenimiento de motoniveladoras 120G y 130G.** s.e. USA: Caterpillar, 1190.
7. Intecap. **Módulo de motor diesel maquinaria pesada, (folleto)** Guatemala: Intecap, 1998. pp.62.