

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



**ELABORACIÓN DEL PLAN DE LUBRICACIÓN DE LOS EQUIPOS
ESTACIONARIOS Y ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LOS LUBRICANTES
DE LOS VEHÍCULOS LIVIANOS DEL PLANTEL EL ALTO, RECOPE S.A.**

William Vinicio Hernández Gómez

**INFORME DE PRÁCTICA DE ESPECIALIDAD PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, GRADO
LICENCIATURA (BACHILLERATO)**

Cartago, 2015

INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE Y DE LA EMPRESA

Nombre:	William Vinicio Hernández Gómez
Cédula:	1 1017 0365
Carné ITCR	9819439
Dirección de Residencia:	Urbanización Vistas del Irazú, distrito el Carmen, Cartago.
Teléfono	8348 5820
Email:	wvhernandezg31@hotmail.com

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Nombre del proyecto técnico:	Elaboración del plan de lubricación de los equipos estacionarios y especificación de lubricantes a la flota vehicular liviana del Plantel El Alto, RECOPE S.A.
Profesor Asesor:	Lic. Gilberth Bonilla Castillo.
Asesor Industrial:	Ing. Alfonso Rivera González
Horario de trabajo:	Lunes a Viernes de 7:00 a.m. a 3:00 p.m.

INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

Nombre:	Refinadora Costarricense de Petróleo S.A. (RECOPE)
Zona:	Plantel El Alto de Ochomogo.
Teléfono:	2550 3513
Actividad principal:	Venta y distribución de hidrocarburos.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE ELECTROMECHANICA
PROYECTO DE GRADUACIÓN
TRIBUNAL EVALUADOR

El presente Proyecto de Graduación fue defendido ante el Tribunal Evaluador del área académica de la Escuela de Electromecánica del Instituto Tecnológico de Costa Rica, como requisito para optar por el grado de Ingeniero en Electromecánica con grado de Licenciatura.

Tribunal Examinador

Ing. Guillermo Villalobos
Profesor Lector

Ing. Gustavo Richmond Navarro
Profesor Lector

Lic. Gilberth Bonilla Castillo
Profesor Guía

Ing. Alfonso Rivera González
Asesor Industrial

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Electromecánica.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres por sus muestras de cariño, esfuerzo, dedicación, paciencia, consejos y sus palabras de aliento con el propósito de guiarme en el caminar de la vida y así pueda lograr alcanzar mis metas y éxito personal. A Evelyn, mi esposa, que siempre me ha apoyado incondicionalmente, a pesar de los buenos y malos momentos, y me ha dado el obsequio más hermoso que puedo desear, nuestro hijo Erick, que vino a ser una bendición en nuestro matrimonio.

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a Dios principalmente, por permitirme concluir esta etapa de estudios tan importante en mi vida personal y familiar. Agradezco a todas las personas del Plantel El Alto de RECOPE, que me dieron la oportunidad de realizar este proyecto y que me colaboraron con sus conocimientos y consejos para el éxito de este trabajo, especialmente, al Ing. Alfonso Rivera y al Ing. Juan Carlos Campos. También, reconozco al Ing. Gilbert Bonilla por su guía y asesoramiento a la realización de este proyecto. Como último y no menos importantes, a mis hermanos Gabriela, Gilberto y Humberto que gracias a sus conocimientos, colaboración y apoyo hicieron de esta experiencia una de las más especiales en mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	12
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Identificación de la empresa	13
1.1.1. Visión y misión	13
1.1.2. Antecedentes históricos	13
1.1.3. La organización del Departamento de Mantenimiento	15
1.2. Justificación del proyecto	18
1.2.1. Problema	18
1.2.2. Justificación	18
1.3. Objetivos	21
1.3.1. Objetivo General	21
1.3.2. Objetivos Específicos	21
1.4. Alcances	22
1.5. Limitaciones	22
CAPÍTULO II	23
2. MARCO TEÓRICO	24
2.1. Conceptos generales de la lubricación	24
2.2. Viscosidad de los lubricantes	25
2.3. Tipos de lubricación	26
2.4. Factores que afectan la lubricación	26
2.5. Tipos de lubricantes	27
2.6. Aditivos	29
2.7. Selección de lubricantes	32
2.8. Selección del aceite industrial	33
2.9. Selección de aceite automotriz	38
2.10. Aceites para motores de gasolina	43
2.11. Aceites para motores diésel	45
2.12. Aceites para motores a gasolina o diésel	46
2.13. Aceites para engranajes automotores	46
2.14. Selección de grasas	47
2.15. Almacenamiento	53
2.16. Tipos de mantenimiento	56
CAPÍTULO III	58
3. METODOLOGÍA	59
3.1. Conocimiento del equipo y la empresa	59
3.2. Diagnóstico del plan actual de lubricación	59
3.2.1. Diagrama de Ishikawa	59
3.2.2. Auditoría del programa actual de lubricación	59
3.3. Consolidación de lubricantes	60
3.4. Plan de Lubricación	60
3.5. Manipulación y almacenamiento del lubricante	61
3.6. Análisis de aceite	61
3.7. Evaluación de nuevos lubricantes	61
3.8. Capacitación al personal	61
3.9. Instructivo de mantenimiento	62
CAPÍTULO IV	63
4. DESARROLLO	64
4.1. Conocimiento del equipo y de la empresa	64
4.2. Diagnóstico del plan actual de lubricación	65
4.3. Auditoría del Plan de Lubricación del plantel	79
4.3.1. Inventario de las máquinas	79
4.3.2. Documentación técnica de los equipos	88
4.3.3. Puntos de lubricación	90
4.3.4. Fichas técnicas de los lubricantes utilizados	93
4.3.5. Métodos de lubricación	98

4.3.6.	Frecuencia de lubricación.....	100
4.3.7.	Fortalezas y debilidades en el proceso de la lubricación actual	101
4.4.	Consolidación de lubricantes.....	104
4.4.1.	Horarios de lubricación	110
4.4.2.	Sistema de identificación de lubricantes.....	111
4.5.	Manipulación y almacenamiento del lubricante	114
4.5.1.	Almacenamiento de lubricantes nuevos	114
4.5.2.	Almacenamiento de lubricantes usados.....	119
4.5.3.	Manipulación de los lubricantes.....	120
4.5.4.	Análisis de aceite.....	125
4.5.5.	Evaluación de nuevos lubricantes	126
4.6.	Capacitación del personal	127
4.7.	Procedimiento de lubricación	128
CAPÍTULO V		129
5. Conclusiones y Recomendaciones		130
5.1.	Conclusiones	130
5.2.	Recomendaciones	132
CAPÍTULO VI.....		134
6. BIBLIOGRAFÍA		135
CAPÍTULO VII.....		137
7. APÉNDICES		138
7.1.	Apéndice 1. Especificación técnica de lubricantes.....	138
7.1.1.	GRASA MULTIPROPÓSITO	138
7.1.2.	GRASA DIELECTRICA	139
7.1.3.	GRASA PARA ALTAS TEMPERATURAS.....	140
7.1.4.	LUBRICANTES PARA REDUCTORES DE VELOCIDAD.....	143
7.1.5.	ACEITE PARA VEHÍCULO LIVIANO MOTOR DE COMBUSTIÓN DIÉSEL	144
7.1.6.	ACEITE PARA VEHÍCULO LIVIANO MOTOR DE GASOLINA	145
7.1.7.	ACEITE PARA DIFERENCIALES AUTOBLOCANTES Y TRANSMISIONES MANUALES.....	146
7.1.8.	CONSIDERACIONES PARA CUANDO SE ADQUIERAN LOS LUBRICANTES.....	147
CAPÍTULO VIII.....		162
8. ANEXOS.....		163
8.1.	ANEXO 1. Muestra de una Orden de Trabajo	163
8.2.	ANEXO 2. Cuestionario para auditoría	170
8.3.	ANEXO 3. Código de identificación de lubricantes	174
8.4.	ANEXO 4. Comparación de viscosidades.....	175

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Equivalencias entre los diferentes sistemas de clasificación de la viscosidad.....	34
Tabla 2.	Clasificación ISO de los aceites industriales.....	37
Tabla 3.	Viscosidad de los aceites según, su grado SAE.....	39
Tabla 4.	Niveles, características y Aplicación de la norma ACEA.....	41
Tabla 5.	Especificaciones API de los aceites para motores a gasolina.....	44
Tabla 6.	Especificación API de los aceites para motores diésel.....	45
Tabla 7.	Especificación API de los aceites engranajes automotores.....	47
Tabla 8.	Clasificación ASTM y consistencia NLGI.....	52
Tabla 9.	Criticidad área Ventas y Bombeo.....	82
Tabla 10.	Criticidad área Oficinas Administrativas.....	83
Tabla 11.	Criticidad área Control Ambiental.....	84
Tabla 12.	Criticidad área Tanques.....	85
Tabla 13.	Resultados de la criticidad según, el área.....	87
Tabla 14.	Resumen de evaluación de Criticidad.....	87
Tabla 15.	Inventario de equipos estacionarios.....	88
Tabla 16.	Inventario de flota vehicular.....	88
Tabla 17.	Especificaciones técnicas para grasas de alta temperatura.....	94
Tabla 18.	Especificaciones técnicas de grasa para rodamientos.....	95
Tabla 19.	Especificaciones técnicas para grasa multipropósito.....	95
Tabla 20.	Especificaciones técnicas para aceite industrial ISO 68.....	96
Tabla 21.	Especificaciones técnicas para aceite de motor diésel.....	96
Tabla 22.	Especificaciones técnicas para aceite de motor gasolina.....	97
Tabla 23.	Especificaciones técnicas para aceite de cajas de transmisión, diferenciales y reductoras.....	97
Tabla 24.	Resultados del diagnóstico para el Taller Mecánico.....	102
Tabla 25.	Resultados del diagnóstico para el Taller Automotriz.....	102
Tabla 26.	Identificación actual de Lubricantes en los talleres.....	111
Tabla 27.	Código de colores para identificar los lubricantes.....	112
Tabla 28.	Símbolos geométricos para especificación de frecuencias de lubricación.....	113
Tabla 29.	Características fisicoquímicas de la grasa multipropósito.....	139
Tabla 30.	Características fisicoquímicas de la grasa dieléctrica.....	140
Tabla 31.	Características fisicoquímicas de la grasa para altas temperaturas.....	141
Tabla 32.	Características fisicoquímicas del aceite industrial.....	143
Tabla 33.	Características fisicoquímicas Aceite para reductores.....	144
Tabla 34.	Características fisicoquímicas del aceite para motor de combustión diésel.....	145
Tabla 35.	Características fisicoquímicas del aceite para motor de combustión de gasolina.....	146
Tabla 36.	Características fisicoquímicas para transmisiones y diferenciales.....	147
Tabla 37.	Código Internacional de Colores para Identificación de Lubricantes.....	174
Tabla 38.	Tabla comparativa de viscosidades.....	175

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Organigrama de la Gerencia de Mantenimiento.	17
Figura 2.	Carta de viscosidad a cualquier temperatura.	35
Figura 3.	Selección del grado SAE del aceite en función de la temperatura ambiente	40
Figura 4.	Compatibilidad de grasas de distintas composiciones.....	51
Figura 5.	Almacenamiento horizontal a la intemperie.....	54
Figura 6.	Cambios de temperatura aumentan las posibilidades contaminación del aceite ..	55
Figura 7.	Inclinación para evitar ingreso de agua al tambor.....	55
Figura 8.	Conjunto de motor, reductor y bomba	65
Figura 9.	Flota vehicular liviana.....	65
Figura 10.	Codificación del sistema de mantenimiento.....	67
Figura 11.	Ejemplos de codificación.....	67
Figura 12.	Codificación uso interno.....	67
Figura 13.	Número de placa utilizado para codificación en el sistema de mantenimiento.....	68
Figura 14.	Área de almacenamiento en el departamento de Almacén	72
Figura 15.	Tambores golpeados	72
Figura 16.	Accesorios actuales para el cambio de lubricantes en equipos estacionarios	73
Figura 17.	Área de lubricación en el Taller Mecánico	74
Figura 18.	Herramientas de lubricación del Taller Automotriz.....	74
Figura 19.	Bodega de almacenamiento de lubricantes en Taller automotriz	75
Figura 20.	Tanque de almacenamiento de aceites de desecho Taller Automotriz.....	76
Figura 21.	Almacenamiento temporal de lubricante usado en el Taller Mecánico-Industrial.	76
Figura 22.	Diagrama causa efecto (Ishikawa) del Proceso de Lubricación actual.....	78
Figura 23.	Organización de expedientes técnicos de los equipos en estudio.....	89
Figura 24.	Puntos de lubricación de bomba centrífuga, soporte de rodamientos	91
Figura 25.	Lubricación de sello mecánico de una Moto-Bomba centrífuga.....	91
Figura 26.	Puntos de lubricación de un reductor de engranajes	92
Figura 27.	Punto de lubricación lubricado por grasera automática.....	92
Figura 28.	Puntos de lubricación de un motor eléctrico.....	93
Figura 29.	Lubricación de un acople de cadena (falta protección)	93
Figura 30.	Modos de lubricación manual	98
Figura 31.	Rodamientos lubricados por salpique.....	99
Figura 32.	Reductores lubricados por salpique.....	99
Figura 33.	Lubricación por grasera para rodamientos	100
Figura 34.	Evaluación del Proceso de lubricación del Taller de Mecánica-Industrial	103
Figura 35.	Evaluación proceso de lubricación actual del Taller Automotriz	104
Figura 36.	Acomodo y rotulación sugerida para la bodega en almacén (vista frontal)	117
Figura 37.	Área de lubricación del Taller Mecánico-Industrial (Vista frontal)	118
Figura 38.	Bodega taller automotriz (Vista superior).....	119
Figura 39.	Banco de cuna	121
Figura 40.	Diferentes tipos de recipientes y aceiteras para el transporte y aplicación de aceites	122
Figura 41.	Diferentes tipos de pistolas engrasadoras.....	123

Figura 42. Recolectores de aceite usado.....	124
Figura 43. Controlador de condición.....	125

RESUMEN

Es pertinente señalar que por la necesidad de prolongar la vida de los equipos y consecuentemente, aumentar su confiabilidad, se analizan con especial cuidado detalles como la lubricación. Son muchos los errores y descuidos que se asocian a la falta o poca importancia que se otorga a los programas tribológicos en las empresas. Las fallas en este aspecto, afectan seriamente la producción y aumentan los costos y despilfarros asociados por los mantenimientos que se aplican para corregir los problemas que se puedan presentar.

El Departamento de Mantenimiento de RECOPE, específicamente, en el plantel, El Alto, vela por el bienestar de todos los equipos. Por la responsabilidad que lo inviste, desarrolla un proceso de lubricación que lo ayude a mejorar su plan de mantenimiento preventivo y predictivo.

Lo aquí propuesto es el análisis y diagnóstico del programa actual de lubricación para luego, por diferentes canales de información, llegar a una serie de conclusiones que señalarán las oportunidades de mejora. Es necesario que RECOPE se enfoque en dichas oportunidades. Asimismo, este documento busca trazar el camino a seguir para la implementación formal de un proceso de lubricación, el cual tenga un punto de partida y continúe mediante su retroalimentación constante a fin de autocorregirse e innovar.

Palabras Claves: Proceso de Lubricación, Programa de Lubricación, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Predictivo, Diagnóstico.

ABSTRACT

It is pertinent to note that the need to prolong the life of equipment and consequently, increase reliability, seeks special care to details such as lubrication. There are many mistakes and oversights associated to the low importance, or lack of it, attached to tribological programs in companies. Failures in this regard seriously affect production and increase costs and waste associated with applied maintenance to correct problems that may arise.

The Maintenance Department of RECOPE, specifically, in the campus El Alto, looks after the welfare of all equipment. Due to the responsibility that this department has, it develops a process of lubrication to improve its plan of preventive and predictive maintenance.

What is proposed here, is the analysis and diagnosis of the current lubrication program and then, through different channels of information, reach a number of conclusions that will point out improvement opportunities. RECOPE needs to focus on those opportunities. This paper also seeks to chart the way forward for the formal implementation of a process of lubrication, which has a starting point and continue through constant feedback to correct and innovate itself.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Identificación de la empresa

1.1.1. Visión y misión

La declaración de la visión de la empresa es “Abastecer los combustibles requeridos por el país, mediante la administración del monopolio del Estado de la importación, refinación y distribución al mayoreo de combustibles, asfalto y naftas; para promover el desarrollo del país”.

La visión de la RECOPE es “Ser un pilar de la Competitividad de Costa Rica.”

1.1.2. Antecedentes históricos

La Refinadora Costarricense de Petróleo Sociedad Anónima (RECOPE S.A.) fue fundada 1961, bajo la administración de manos privadas. Tiempo después, el gobierno realiza gestiones para comprar todas las acciones, convirtiéndola así en una empresa estatal.

Además, en 1975 por un decreto ejecutivo, se decide que el Estado costarricense por medio de RECOPE es el único proveedor a granel en el país de hidrocarburos, acarreando de esta manera muchos beneficios al país entre éstos, se nombran, seguridad energética, genera fuentes de trabajo, margen de utilidad, medio ambiente, calidad de combustibles y tecnología.

También, en 1977 RECOPE invierte en la realización de trabajos de infraestructura; se inicia la construcción de la primera fase del complejo portuario de Moín, empieza a instalar un poliducto paralelo al que funcionaba entre Moín y El Alto de Ochomogo, construye el edificio para las oficinas centrales de la empresa y concluye una Terminal de distribución en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría. Para el año de 1981 inicia la construcción del plantel de Barranca, Puntarenas.

Del mismo modo, en el año de 1984 se abandonan los intentos de perforación petrolera, con fines de explotación comercial en los pozos San José uno y San José dos, ya que, no se logra alcanzar la profundidad de 6000 metros. Para 1990 RECOPE se retira de la explotación petrolera y en 1994 se aprueba la ley de hidrocarburos donde en definitiva RECOPE considera que no es una alternativa energética ambientalmente, aceptable las actividades de exploración y explotación de carbón.

En el 2007 Los planteles de distribución de RECOPE ubicados en La Garita de Alajuela y Barranca en Puntarenas reciben por segundo año consecutivo la certificación ambiental “Bandera Ecológica” otorgada por el Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE).

A partir de enero de 2011, Costa Rica da un salto enorme en materia de conservación del medio ambiente al introducir en el mercado nacional el diesel con bajo contenido de azufre, cuyo límite máximo será de 50 ppm (partículas por millón), colocando al país a nivel de Europa y otras naciones como Japón.

El considerable potencial para reducir emisiones es un beneficio que redundará en favor de la salud de todos los costarricenses, pues, con la mejora en la calidad del aire se espera también, una disminución de las enfermedades respiratorias, cardíacas y cáncer.

Es pertinente, señalar que entre lo más relevante del 2012, está el inicio de las obras de ampliación de la terminal portuaria petrolera hacia el área del rompe olas norte de la Bahía de Moín, con instalaciones modernas, bajo el modelo estructural "duques de alba", que permitirá atracar naves de hasta 80.000 toneladas de peso muerto. Al mismo tiempo, se completó el dragado del canal, del muelle y del área de ampliación de rompeolas.

En edificaciones se inauguró el “Nuevo Plantel Aeropuerto Internacional Juan Santamaría”. Se trata de las nuevas instalaciones de RECOPE ubicadas en dicha terminal aérea, que incluye el sistema de recibo, filtración, almacenamiento y despacho a rampa de combustibles; tubería subterránea, hidrantes y camiones servidores, para el abastecimiento de hasta 11 aviones en forma simultánea. También la cuadrilla de B-Line estrenó un nuevo edificio que alberga además el taller y bodega de materiales.

1.1.3. La organización del Departamento de Mantenimiento

RECOPE al contar con planteles y estaciones de bombeo por todo el país, ha tenido que organizar su Departamento de Mantenimiento de acuerdo a cinco zonas para cubrir toda su infraestructura. En el organigrama de la figura uno, se observa cómo cada zona es la encargada de velar por diferentes instalaciones y en algunos casos hasta realizar un mantenimiento en conjunto con varias zonas, es el caso del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, que es visto por las zonas del Plantel de La Garita y El Alto.

El Departamento de Mantenimiento busca como objetivo primordial que las máquinas sean fiables y estén disponibles para garantizar el proceso productivo. Estos factores dependen del tipo de mantenimiento que se realice, en el caso de RECOPE se ejecutan mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos, apoyados en el software TRICOM y en un futuro inmediato el SAP.

En cuanto al mantenimiento predictivo, RECOPE utiliza los métodos de análisis de vibraciones y termografía para detectar anticipadamente, posibles problemas que las máquinas puedan presentar y también, lo utilizan luego de cada reparación con el fin de verificar su adecuado funcionamiento.

Con respecto al mantenimiento preventivo, se expone que RECOPE realiza una planificación de actividades de mantenimiento que buscan evitar averías, defectos, despilfarros y accidentes por medio del software TRICOM y en un

futuro inmediato utilizaran el SAP, en el cual, al ingresar un equipo nuevo se define su mantenimiento preventivo y el programa automáticamente lo genera como una orden de trabajo para la fecha indicada, siguiendo los parámetros que se deben realizar a consideración del ingeniero de la Unidad de Programación y Control.

El Departamento de Mantenimiento ha visto que el plan de lubricación debe ser mejorado, ya que, formalmente, no se cuenta con normas, procedimientos y manuales del correcto proceso de lubricación de los equipos. Por lo tanto, este proceso debe enfocarse integralmente, con el diseño y aplicación de las mejores prácticas, todo dentro de un entorno de seguridad laboral, ergonomía y respeto al medio ambiente.

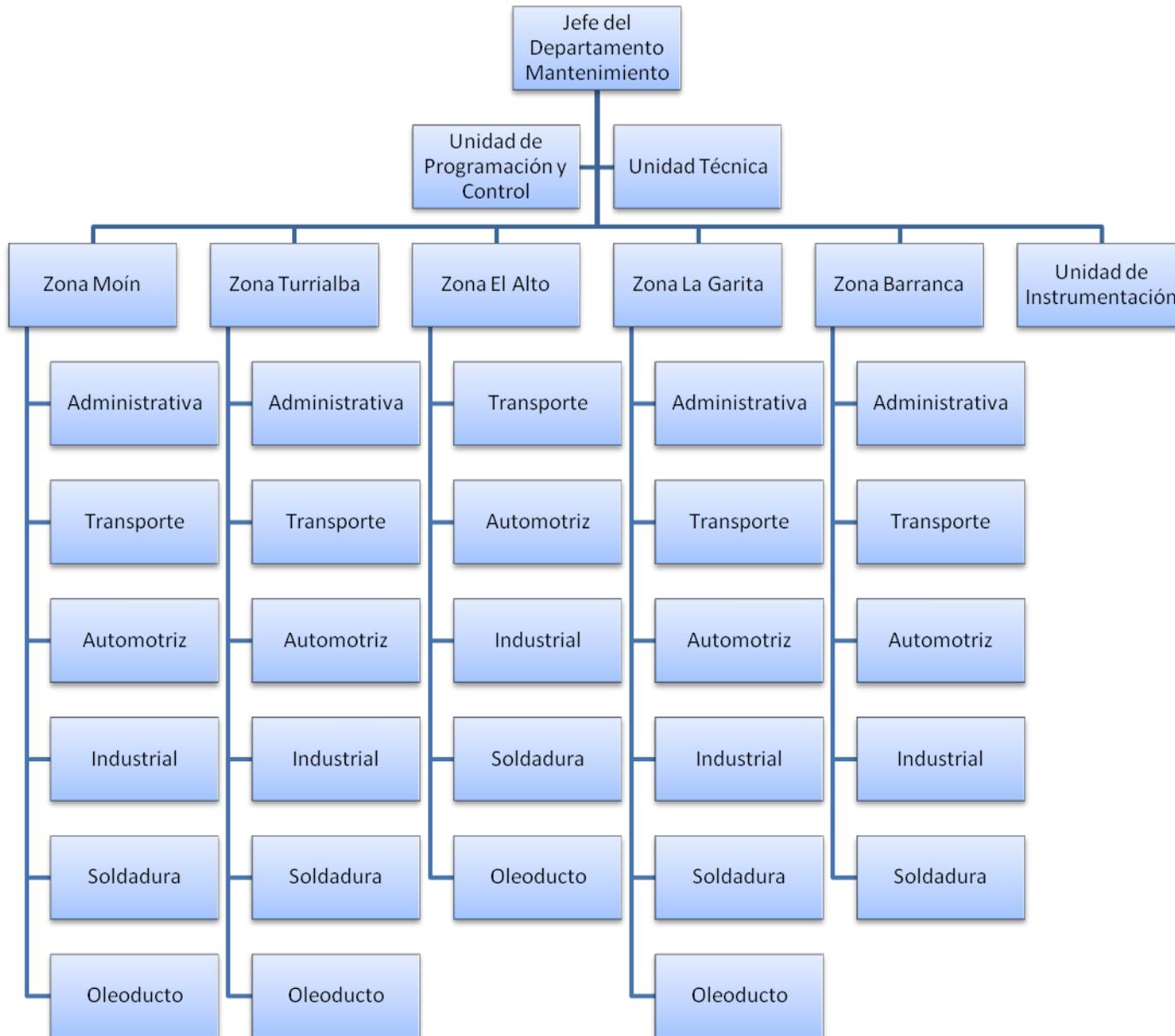


Figura 1. Organigrama de la Gerencia de Mantenimiento.
 Fuente: RECOPE (2013)

1.2. Justificación del proyecto

1.2.1. Problema

El lograr una elaboración de un plan de lubricación piloto en los equipos estacionarios hará que se superen varios escollos, tales como la falta de información técnica de los equipos (manuales de propietario o técnicos), equipos muy antiguos y la cultura organizacional.

Además, se mencionan que la asignación, calendarización y organización del plan de mantenimiento en RECOPE se ha apoyado en base a varios softwares. En primera instancia se utilizó un software hecho por sus propios analistas de sistemas, luego se migro al TRICOM y ahora se encuentra en una nueva transición que es el programa SAP. Estas transiciones han producido consecuencias en la migración de los datos lo cual provoca falta de información como; marca, modelo, número de serie, entre otros.

Todo lo aquí planteado hará que se busque información, se verifiquen datos y se tomen fotografías, lo cual, utilizará la Unidad de Programación y Control, para la actualización de los datos en el nuevo software a utilizar, La especificación de los lubricantes por parte del Departamento de Almacén para la compra de los productos. Como último el departamento de Mantenimiento obtendrá todos los beneficios que con ello acarrea, la elaboración de un plan de lubricación.

1.2.2. Justificación

Hoy en día la lubricación no es una ciencia aislada, sino que está íntimamente relacionada con la fricción, con el desgaste, con los materiales empleados en la fabricación de los equipos, con su diseño, con su operación y con la calidad de su mantenimiento. Todo esto se resume en lo que se conoce como tribología, ciencia relacionada en principio sólo con la fricción y en la

actualidad extendida a todos los fenómenos que limitan la vida de los equipos. (Albarracín Aguillón, octubre 15 de 2006).

El Plantel El Alto de Ochomogo de la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE SA), busca mejorar el programa de lubricación, con el fin de lograr un plan de calidad que colabore a la gestión integral que el Departamento de Mantenimiento desarrolla. Este reconocimiento a la mejora origina el punto de partida para realizar bien las cosas, ya que, sin este anhelo los esfuerzos serían vanos y frustrantes.

El mejorar el proceso de lubricación tiene como requisito indispensable la documentación de todas las actividades que se deben realizar para la lubricación. El ejercer este tipo de control proporciona: mayor confiabilidad en los equipos, disminución en el consumo de lubricantes, creación de actividades de mantenimiento y posterior análisis, con el fin de una posible toma de decisiones. El lograr este propósito requirió que el proyecto llevará una trazabilidad para su buen funcionamiento, en este caso: diagnóstico, programación y documentación de lo realizado.

De este modo, son muchos los factores y personas que de una u otra manera influyen en el proceso de lubricación, por lo cual, deben ser involucrados en conocer y compartir el concepto, pues, un buen Proceso de Lubricación debe orientarse en buscar siempre la excelencia en la lubricación para construir la confiabilidad. Además, es importante, que los lubricantes dejen de ser considerados como bienes consumibles o desechables. La nueva visión define a los lubricantes como un activo importante, durable y parte de la maquinaria, que debe ser adecuadamente, administrado y protegido.

La elaboración de este proyecto pretendió dejar los cimientos de un futuro plan de lubricación en la empresa, ya que, la correcta planificación y

coordinación del mismo, es un requisito previo para cualquier programa de mantenimiento preventivo.

“La lubricación es una de las funciones más importantes dentro de cualquier proceso productivo y una falla en su organización puede afectar seriamente, las labores del Departamento de Mantenimiento y de Operaciones” (Albarracín Aguillón, octubre 15 de 2006).

La Refinería Costarricense de Petróleo (RECOPE S.A.), ha tomado conciencia de la importancia de optimizar su proceso de lubricación, por lo cual, ha decidido mejorarlo e implementarlo de una manera más formal, pues, actualmente, se desarrollan labores de lubricación, pero, su realizan y candelarización son parte del plan de mantenimiento preventivo con el cual cuentan. El no tener un programa de lubricación, ocasiona problemas tales como, los técnicos encargados de lubricar los equipos lo hacen de forma autónoma, no cuentan con un orden de trabajo definido y no son conscientes para detectar situaciones que afectan la calidad del lubricante. Al mismo tiempo, los lubricantes carecen de especificaciones técnicas a la hora de su compra, lo que produce que los aceites y grasas comprados, no sean los que ofrecen mayores beneficios para los equipos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un proceso de lubricación para los equipos estacionarios y especificar los aceites de los vehículos livianos del Plantel El Alto Ochoмого de RECOPE.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar las especificaciones técnicas de los aceites utilizados actualmente, en los equipos críticos estacionarios y flota vehicular liviana.
- Identificar los lubricantes recomendados por el fabricante de cada equipo estacionario y vehículos livianos.
- Recomendar la especificación físico-químicas mínimas de los aceites y grasas que utilizan los equipos estacionarios y vehículos livianos.
- Crear un archivo digital con la información del tipo y cantidad de lubricante que utiliza cada equipo utilizado.
- Identificar los puntos de lubricación de cada uno de los equipos estacionarios.
- Crear un código de colores para la identificación de los lubricantes.
- Definir un instructivo que detalle el procedimiento a realizar para los cambios, rellenos y reengrases de los lubricantes en los equipos estacionarios, con el fin de garantizar que la actividad se realizara de forma eficiente y limpia.
- Crear un expediente virtual con la información de los manuales técnicos y del propietario, así como fotografías de cada uno de los equipos.

1.4. Alcances

La finalidad de este proyecto es el dejar los cimientos para la implementación de un plan de lubricación para RECOPE, específicamente en los equipos estacionarios. La elaboración de este plan piloto definió una gestión de manejo de los lubricantes en todo el proceso que abarcó los aspectos relacionados con su compra, uso y desecho. Para el área automotriz de carga liviana, solamente se realizó la especificación de los datos físico-químicos de los lubricantes, para lo cual se hizo un levantamiento de la información técnica de los vehículos.

1.5. Limitaciones

El proceso aquí planteado no es algo que se pueda implementar en cuestión de cuatro meses, su éxito dependerá mucho del verdadero interés que la gerencia muestre para resolver el problema, lo cual, se reflejará con la asignación de un ingeniero en tribología de forma permanente para el seguimiento, expansión y mejoramiento de la propuesta desarrollada en este proyecto.

Como se señaló en el alcance del presente proyecto, este estudio indicó los pasos iniciales a seguir para la implementación del plan de lubricación, por lo que no se pudo analizar la totalidad de los equipos estacionarios y flota vehicular con la cual cuenta actualmente, RECOPE. En lo que respecta a equipos estacionarios, se examinaron los más importantes según, el proceso productivo, y en el caso de la flota vehicular sólo los vehículos de carga liviana.

Esta delimitación de máquinas se hizo debido a que RECOPE no posee con los manuales técnicos de los equipos, pues, muchos son muy antiguos y no se cuenta con una biblioteca para el resguardo de esta información, lo cual produjo que la búsqueda y recopilación de información fuera por diferentes medios y a expensas de la buena voluntad de los proveedores que hicieron entrega de la misma de forma oportuna e inmediata.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Conceptos generales de la lubricación

Con el fin de que el lector de este proyecto adquiriera un conocimiento que le facilite comprender cada aspecto desarrollado, a continuación se enumeran términos técnicos utilizados en la tribología y su amplia definición.

FRICCIÓN

Cuando una superficie se desliza sobre otra, siempre hay resistencia al movimiento. Esta fuerza de resistencia o fricción depende de la naturaleza de las superficies en contacto. La fricción es el resultado de la rugosidad que presentan todos los materiales, en mayor o menor grado dependiendo del acabado que presenten. En la mayoría de las máquinas es importante mantener la fricción entre las partes móviles a un mínimo, ya que la fricción genera calor, gasto de energía e incrementa el desgaste, y por lo tanto reduce la vida de la máquina (Albarracín Aguillón, octubre 15 de 2006).

LUBRICANTE

Un lubricante es toda sustancia sólida, semisólida o líquida de origen vegetal, mineral o sintético empleado para reducir el rozamiento entre piezas y mecanismos en movimiento. (Albarracín Aguillón, octubre 15 de 2006)

LUBRICACIÓN

En la actualidad se persigue como un objetivo básico, el incremento del tiempo de exploración de los elementos de una máquina, lo que se alcanza con un diseño, montaje y explotación adecuados. La lubricación elimina el contacto directo de las superficies, impidiendo así el desgaste y la reducción del rozamiento que produce pérdida de energía. Las partes principales a lubricar de una máquina por complicada que parezca, son cojinetes, rodamientos, engranajes y cilindros.

La lubricación permite, adicionalmente, refrigerar, controlar oxidación, mantener los contaminantes dispersos, servir de aislante eléctrico, amortiguar golpes y servir de sello lubricante. (Albarracín Aguillón, octubre 15 de 2006)

2.2. Viscosidad de los lubricantes

La viscosidad es la propiedad más importante de un lubricante, la misma se define típicamente como la resistencia que ofrece un fluido ante el movimiento. Esta resistencia se da debido a que las fuerzas de cohesión entre las moléculas del fluido, las cuales se oponen a la deformación causada por fuerzas tangenciales. Es importante, tomar en cuenta que esta propiedad depende de la temperatura y presión del fluido lubricante.

Es de suma importancia elegir la viscosidad adecuada para cada aplicación, si la viscosidad es muy baja tendremos un mayor desgaste debido a una película de lubricante muy débil. Si la viscosidad es muy alta aumenta el desgaste debido a la falta de circulación o penetración del lubricante en el área de contacto, además se puede producir un calentamiento anormal del lubricante por fricción y aumentos en el consumo de energía.

Viscosidad Dinámica (μ)

También, llamada viscosidad absoluta, ésta se define como el cociente entre el esfuerzo cortante y el cambio de velocidad, su unidad para el Sistema Internacional de Unidades corresponde al Pascal-Segundo (Pa·s), y para el Sistema imperial corresponde al Reynolds (Reyn).

Viscosidad Cinética (U)

Ésta se obtiene al dividir la viscosidad dinámica (μ) entre la densidad del fluido (ρ), ya que, es más conveniente trabajar en términos de la viscosidad del fluido. Su unidad para el Sistema Internacional de Unidades corresponde al metro cuadrado

por segundo (m^2/s), y para el Sistema centímetro gramo segundo (cmgs) corresponde al stoke (St), aunque comúnmente se utiliza el centostoke (cSt).

2.3. Tipos de lubricación

- **Lubricación hidrodinámica:** Es aquella en que las superficies del cojinete que soporta la carga está separada por una capa de lubricante relativamente gruesa a manera de impedir el contacto metal-metal, se requiere que haya un abastecimiento adecuado de lubricante en todo momento.
- **Lubricación hidrostática:** Se obtiene introduciendo el lubricante, a una presión suficientemente elevada. Para mantener las superficies deslizantes separadas por el lubricante es necesario que una de ellas se desplace y esté inclinada con relación a la otra, formando un ángulo suave para generar la cuña de aceite convergente en el sentido del movimiento.
- **Lubricación elastohidrodinámica.** La lubricación EHL es un estado de lubricación hidrodinámica que se caracteriza por la deformación elástica de las irregularidades de ambas superficies, debido a la carga que actúa sobre ellas.
- **Lubricación límite.** Tiene lugar cuando un mecanismo se pone en movimiento, en este momento hay una mínima cantidad de lubricante sobre las superficies metálicas, la cual permite que se presente la máxima interacción entre las rugosidades de ambas superficies, sin embargo, el aditivo anti-desgaste del lubricante impide que se presente la fricción metal-metal.
- **Lubricación mixta.** Este régimen representa un estado intermedio entre la lubricación límite y la lubricación hidrodinámica. En este caso sólo una parte de la carga es soportada por las acciones hidrodinámicas y la otra por la película límite que reduce las irregularidades de ambas superficies.

2.4. Factores que afectan la lubricación

El desempeño de un lubricante se ve afectado por varios factores, los principales en términos generales son:

- Factores de operación: Dentro de los factores de operación principales que afectan la lubricación se mencionan:
 - La carga.
 - La temperatura.
 - La velocidad.
 - Posibles contaminantes (provenientes del medio ambiente).
- Factores de diseño: Dentro de los factores de diseño se pueden considerar:
 - Materiales empleados en los elementos.
 - Textura y acabado de las superficies.
 - Construcción de la máquina.
 - Métodos de aplicación del lubricante.

2.5. Tipos de lubricantes

De acuerdo a su estado, los lubricantes se clasifican en:

- Gaseoso. El aire y otros gases son empleados como lubricantes, pueden operar a altas velocidades, pero, tienen bajas cargas, debido a que su capacidad de soporte de carga es muy baja (Albarracín Aguillón, octubre 15 de 2006).
- Líquidos. Muchos líquidos diferentes son utilizados como lubricantes, no obstante, los más ampliamente utilizados son los basados en aceites minerales derivados del petróleo crudo, constituidos por una base lubricante y un paquete de aditivos. A temperaturas normales de operación los aceites fluyen libremente, de tal forma que pueden ser fácilmente alimentados hacia o desde partes móviles de la máquina para promover una lubricación efectiva y extraer el calor y las partículas de desgaste (Albarracín Aguillón, octubre 15 de 2006).

- Semi-sólidos. Una grasa es un lubricante semifluido generalmente, elaborado de aceite mineral y un agente espesante (tradicionalmente jabón o arcilla) que permite retener el lubricante en los sitios que se aplica. Las grasas protegen efectivamente a las superficies de la contaminación, externa sin embargo, debido a que no fluyen tan libremente como los aceites son menos refrigerantes que éstos y más dóciles de aplicar a una máquina cuando está en operación. (Albarracín Aguillón, octubre 15 de 2006)
- Sólidos. Los materiales usados como lubricantes sólidos son grafito, sulfuro de molibdeno y politetrafluoroetileno (teflón). Estos compuestos son utilizados en menor escala que los aceites y grasas, pero son invaluable para aplicaciones especiales en condiciones en que los aceites y las grasas no pueden ser tolerados. (Albarracín Aguillón, octubre 15 de 2006)

Los aceites se clasifican en orgánicos y minerales. Cuando se hace referencia a los orgánicos, se entiende como aquellos que son de origen vegetal y animal; mientras que los minerales son los provenientes de los derivados del petróleo.

Los aceites lubricantes a su vez se clasifican según, su base como mineral, sintético y vegetal, los cuales se explican a continuación:

- Mineral. Son los más utilizados y baratos en el mercado. Estos tipos de aceites ocupan de una gran cantidad de aditivos para ofrecer unas buenas condiciones de lubricación.
- Sintético. Es una base artificial que se fabrica en laboratorios y no necesariamente, proviene del petróleo. Poseen excelentes propiedades de estabilidad térmica, resistencia a la oxidación y un elevado índice de viscosidad.
- Vegetal. Como su nombre lo indica, es de origen orgánico, lo que le otorga la ventaja de ser biodegradable, pero, posee una baja estabilidad mecánica y mayores puntos críticos de fluidez, por lo que estos aceites requieren de aditivos para mejorar sus propiedades de lubricación.

2.6. Aditivos.

El diseño, construcción, operación y mantenimiento de los equipos, ha creado necesidades de emplear lubricantes de óptima calidad que sean capaces de mantener sus propiedades bajo cualquier situación. Los aceites por sí solo no logran cumplir todos los requerimientos que se necesitan, es por este motivo que se agregan aditivos a los aceites, con el fin de lograr mejorar los desempeños de los lubricantes y de esta manera, garantizar el correcto funcionamiento del equipo, así como la prolongación de su vida de servicio.

Características de los aditivos.

Las más importantes son:

- Disminuir la velocidad a la cual ocurren ciertas reacciones, como por ejemplo la oxidación que resulta indeseable en el aceite durante su período de servicio.
- Proteger la superficie lubricada de la agresión de ciertos contaminantes.
- Mejorar las propiedades físico-químicas del lubricante o proporcionarle otras nuevas.

Propiedades de los aditivos.

Las propiedades más importantes son:

- **Color.** No es de gran importancia, aunque, muchas veces se cae en el error de considerarlo un factor determinante de la calidad de un aceite.
- **Olor.** Son inoloros y un olor indeseable sólo se deberá presentar como resultado del proceso de oxidación y descomposición normal del aceite.
- **Compatibilidad.** Deben ser compatibles cuando sean necesarios dos o más en la misma base lubricante. La compatibilidad debe perdurar hasta que el aceite llegue al final de su vida útil.

- **Solubilidad en la base lubricante.** Son solubles con ésta en cualquier rango de temperatura de funcionamiento. Igualmente, no se debe volver insoluble o parcialmente solubles, durante el almacenamiento del aceite.
- **Insolubilidad con el agua.** Con el fin de que no sean “lavados” cuando se encuentren en presencia de ésta.
- **Volatilidad.** Debe ser baja, para que su concentración y efectividad no disminuya cuando el aceite se encuentre sometido a levadas temperaturas de trabajo.
- **Estabilidad.** Debe permanecer estable durante la mezcla, almacenamiento y uso.
- **Flexibilidad.** Sus propiedades físicas y químicas deben ser tales que permitan ampliar su rango de servicio y aplicaciones.

Clasificación de los aditivos.

Aditivos modificadores de propiedades físicas.

- **Mejoradores del índice de viscosidad (IV).** La finalidad de estos aditivos es la de obtener un producto lo más cercano posible al lubricante ideal, esto es, uno cuya viscosidad permanezca inalterable con los cambios de temperatura.
- **Depresores del punto de fluidez.** Se emplean con el fin de que los lubricante se puedan utilizar a una temperatura mucho más baja que si estuviera empleando la base lubricante sola.

Aditivos modificadores de propiedades químicas.

- **Inhibidores de la oxidación.** La oxidación es una reacción química que ocurre en el aceite y depende de factores tales como el oxígeno del aire, temperaturas de operación, humedad y catalizadores, como el cobre. La oxidación del aceite debe controlarse porque da lugar a que el aceite se enturbie, aumente su viscosidad, forme gomas, lodos y barnices que pueden

obstruir los conductos de lubricación, dando lugar a fallas y reparaciones costosas.

- **Inhibidores de la corrosión.** Estos aditivos se aplican a los productos que protegen los metales no ferrosos, susceptibles a la corrosión, causada por los contaminantes ácidos presentes en el lubricante.
- **Inhibidores de la herrumbre.** Se emplean para proteger las superficies ferrosas (hierro y acero) contra la formación de óxidos, cuando están expuestos al aire húmedo o al contacto con el agua.
- **Antiemulsionantes.** Se utilizan para separar el agua del aceite cuando este contaminante está presente.

Aditivos modificadores de propiedades físico-químicas.

- **Mejoradores del poder detergente-dispersante.** La dispersancia es la cualidad del aceite de dispersar los lodos húmedos originados por el funcionamiento frío del motor a bajas temperaturas. La detergencia actúa sólo cuando las temperaturas de operación del motor son normales.
- **Antiespumantes.** Los aditivos antiespumantes unen las burbujas de aire, produciendo puntos débiles en ellas. Las burbujas entonces se revientan, formando burbujas más grandes, las cuales, suben más rápidamente, a la superficie, liberando de esta manera el aire.
- **Antidesgaste.** Se utiliza para reducir la fricción, el desgaste adhesivo y la picadura en condiciones de lubricación a película delgada y límite, éstos ocurren cuando las películas fluidas no pueden ser formadas o mantenidas.
- **Aditivos Extrema Presión (EP).** Estos aditivos se utilizan en la lubricación de mecanismos que trabajan bajo condiciones de lubricación Elastohidrodinámica o EHL. La capacidad de carga del lubricante, de acuerdo con la generación de aditivos EP que contenga es igual a:
 - **1ra generación:** hasta 350 kgf.
 - **2da generación:** mayor a 350 kgf y hasta 750 kgf.

- **3ra generación:** mayor a 750 kgf y hasta 1300 kgf.

2.7. Selección de lubricantes

La selección del lubricante es el primer paso a realizar en la propuesta de plan de lubricación, considerando las recomendaciones hechas por cada uno de los fabricantes de los diversos equipos, el entorno operacional (carga, presión, temperatura, criticidad, etc.) y los avances de la tecnología de la lubricación.

Los aceites y grasas industriales se clasifican de acuerdo con el tipo de servicio que van a desempeñar, por lo que se dividen en lubricantes industriales y automotores. Es necesario, tener en cuenta que los aceites automotores a pesar de que son utilizados en la lubricación industrial, representan un mayor costo, y los aceites industriales no se pueden utilizar en el área automotriz, debido a que las condiciones de operación, a las cuales, van a estar expuestos estos lubricantes y sus características son completamente diferentes.

La idea fundamental del desarrollo del presente plan de lubricación es el llegar a una estandarización del lubricante a utilizar, para lo cual, se elaboró una tabla con las propiedades mínimas y más importantes con la cual deberán cumplir los lubricantes ofertados. Se debe indicar que se tomó como referencia para la selección de los lubricantes las normas ISO (International Organization for Standardización) para los aceites industriales, las normas NLGI (National Lubricating Grease Institute) para las grasas y las normas SAE (Society of Automotive Engineers), API (American Petroleum Institute) y ASTM (American Society for Testing Materials) para los aceites automotrices. Asimismo, el catálogo del fabricante del equipo, en el punto de mantenimiento, especifica las características del aceite o grasa a utilizar, para que los mecanismos del equipo trabajen sin problema alguno hasta alcanzar su vida de diseño.

El uso de estas normas permitirá hablar un idioma común de calidad, ya que las empresas que cuentan con estas normas les permitirá asegurar un nivel de exigencia

en sus procedimientos que garantizan la buena ejecución de sus procesos de elaboración de productos, lo cual beneficia a RECOPE como usuario final.

2.8. Selección del aceite industrial

Las recomendaciones del aceite que indica el fabricante están dadas por lo general de la siguiente manera:

- El grado ISO del aceite y las propiedades físico-químicas del mismo, como: índice de viscosidad, punto de inflamación, punto de fluidez, etc.
- La viscosidad del aceite en otros sistemas como el AGMA o el SAE.
- La viscosidad en unidades de medida como: SSU, SSF, °E (grado Engler).

En cualquiera de las formas en las cuales el fabricante realice la especificación del aceite utilizado por el equipo, es muy importante que él especifique la temperatura de operación a la cual va a trabajar dicho aceite en la máquina y la temperatura ambiente para cual se recomienda utilizarlo, de lo contrario, si el fabricante sólo especifica el grado ISO del aceite, es factible que se presenten problemas de desgaste erosivo o adhesivo a corto o largo plazo en los mecanismos lubricados.

A la hora de realizar la selección del grado ISO del aceite, es necesario, que se tenga en cuenta lo siguiente:

- El aceite especificado debe ser comercializado en el país, de no ser así, se debe hallar un aceite equivalente a éste, hasta donde sea posible, de la misma marca que la se utiliza en la lubricación de los demás equipos de la empresa, con el fin de disminuir el número final de lubricantes que se utilizan.
- Si el aceite se especifica en un sistema diferente al ISO, tal como el ASTM, AGMA o SAE, se debe utilizar la tabla de equivalencias para

hallar su semejante en la norma ISO (véase la Tabla uno. Equivalencias entre los diferentes sistemas de clasificación de la viscosidad).

- Cuando el fabricante realiza la especificación con respecto a un sistema de unidades de viscosidad, referidos a una temperatura específica, es necesario hallar el grado ISO correspondiente, para lo cual, es necesario, primero convertir las unidades dadas a cSt (utilizar el Gráfico1. Carta de viscosidad a cualquier temperatura).

Tabla 1. Equivalencias entre los diferentes sistemas de clasificación de la viscosidad.

Grado ISO	Grado ASTM	Grado AGMA	Grado SAE			
			Motor		Engranajes	
			Unigrado	Multigrado	Unigrado	Multigrado
10						
15	75					
22	105		0W, 5W		75W	
32	150		10W			
45	215	1	10,15W			
68,68EP	315	2, 2EP	20W,20	10W30, 20W20	80,80W	
100,100EP	465	3,3EP	25W,30	5W50, 15W40		
150,150EP	700	4,4EP	40	15W50, 20W40		
220,220EP	1000	5,5EP	50		90	85W-90
320,320EP	1500	6,6EP				85W-140
460,460EP,460C	2150	7,7EP,7C			140	
680,680EP,680C	3150	8,8EP,8C				
1000,1000EP, .1000C	4650	9,9EP,9C				
1500,1500EP, .1500C	7000	10,10EP,10C			260	

Fuente: Albarracín (2006)

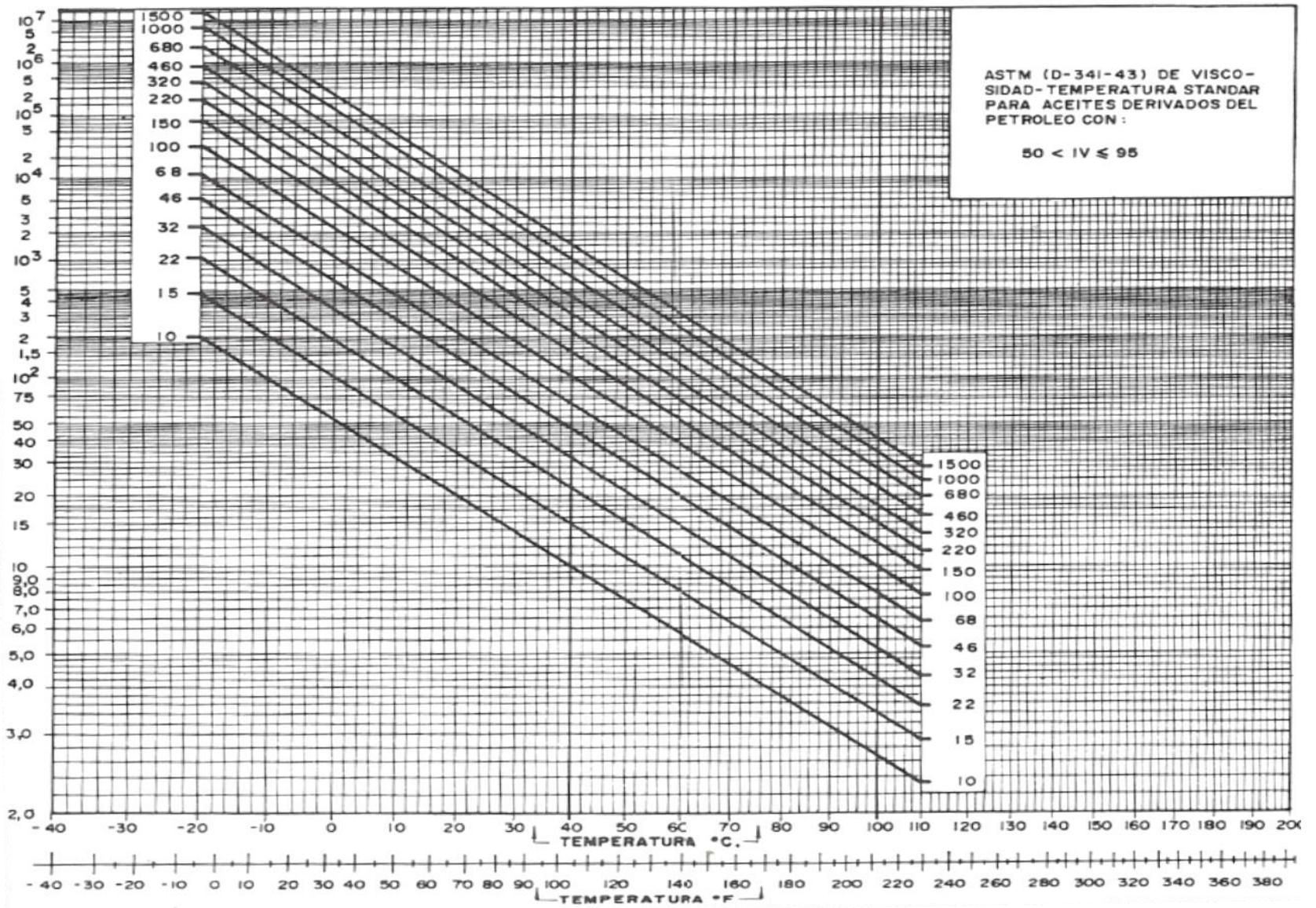


Figura 2. Carta de viscosidad a cualquier temperatura.
Fuente: Albarracín (2006)

Este gráfico permite obtener la curva característica de viscosidad- por temperatura para cualquier aceite derivado del petróleo, y muestra las curvas de los aceites comprendidos entre un grado ISO 10 y 1500. El punto de intersección entre la viscosidad del aceite en cSt o en mm^2/s según el Sistema Internacional Unidades y la temperatura indica el grado ISO correspondiente, por lo que la selección se hace con respecto a la curva más cercana al punto.

Si el punto de intersección da exactamente en la mitad de dos curvas, se tendrían dos alternativas de selección:

- *La curva de menor viscosidad.* En este caso se utiliza un aceite de menor viscosidad que la requerida, lo que podría dar lugar a contacto metal-metal (desgaste adhesivo) y a una elevación de la temperatura.
- *La curva de mayor viscosidad.* Aumentaría un poco la fricción fluida, por el exceso de viscosidad, pero se estaría garantizando en todo momento la formación de la película lubricante. La elevación de la temperatura no es crítica.

Por consiguiente, siempre que se presente esta situación se debe seleccionar la curva correspondiente al aceite de mayor viscosidad.

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) estableció desde el año 1975 el sistema ISO para especificar la viscosidad de los aceites industriales en cSt a 40°C , al colocarle un número al final del nombre del aceite industrial, con el fin de reducir el error de selección del aceite a utilizar o que se mezclen lubricantes de diferentes viscosidades.

En la Tabla 2. Clasificación ISO de los aceites industriales, se especifican los diferentes grados de viscosidad que presenta el sistema ISO; los grados básicos de viscosidad están comprendidos entre el 2 y el 68, los siguientes grados ISO después

del 68 se obtienen añadiendo uno o dos ceros a partir del 10 hasta llegar al 1500. El límite mínimo y máximo de un grado ISO es el 10% de dicho grado.

Tabla 2. Clasificación ISO de los aceites industriales.

Grado ISO	cSt/40°C		ssU/100°F (37,8°C)		ssU/210°F (98,7°C)	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
2	1,98	2,42	32,8	34,4	—	—
3	2,88	3,52	36,0	38,2	—	—
5	4,14	5,06	40,4	43,5	—	—
7	6,12	7,48	47,2	52,0	—	—
10	9,00	11,00	57,6	65,3	34,6	35,7
15	13,50	16,50	75,8	89,1	37,0	38,3
22	19,80	24,20	105,0	126,0	39,7	41,4
32	28,80	35,20	149,0	182,0	43,0	45,0
46	41,40	50,60	214,0	262,0	47,1	49,9
68	61,20	74,80	317,0	389,0	52,9	56,9
100	90,0	110,0	469,0	575,0	61,2	66,9
150	135,0	165,0	709,0	871,0	73,8	81,9
220	198,0	242,0	1047,0	1283,0	90,4	101,0
320	288,0	352,0	1533,0	1881,0	112,0	126,0
460	414,0	506,0	2214,0	2719,0	139,0	158,0
680	612,0	748,0	3298,0	4048,0	178,0	202,0
1000	900,0	1100,0	4864,0	5975,0	226,0	256,0
1500	1350,0	1650,0	7865,0	9079,0	291,0	331,0

Fuente: Albarracín (2006)

Algunos aspectos importantes, que es obligatorio, tener en cuenta con la clasificación ISO son los siguientes:

- Solamente, clasifica la viscosidad de los aceites industriales.
- La viscosidad es a cSt 40°C.
- Se relaciona únicamente, con la viscosidad del aceite industrial y nada tiene que ver con la calidad.
- El grado aparece al final del nombre de cualquier marca de aceite.

En el proceso de selección de los aceites industriales se utilizó el juicio de expertos de diversos profesionales de varias empresas distribuidoras, para la obtención de un criterio que ayudó a definir las especificaciones se tiene, el lubricante, con el fin de escoger un producto de calidad, seguro, económico y que proporcione una mayor productividad a la institución.

2.9. Selección de aceite automotriz

En el transcurso de los últimos años han ocurrido muchos avances tecnológicos en los motores de combustión, lo que ha provocado que los lubricantes sean más especializados con el fin de cumplir con las nuevas exigencias y garanticen el buen funcionamiento y protección del motor.

A continuación, se describen aspectos importantes que se tomaron en cuenta a la hora realizar la selección de los aceites para la flotilla automotriz de RECOPE.

Sistema SAE

Los lubricantes automotores se clasifican según, el sistema SAE (Sociedad de Ingenieros Automotores). A diferencia del ISO, el número que aparece al final del nombre del aceite no indica su viscosidad en algún sistema de unidades, sino lo muy viscoso o delgado que pueda ser. Dentro de esta clasificación se encuentran los aceites para lubricación del motor y los que se utilizan en la caja y en el diferencial. Igualmente, los aceites de motor se subdividen en unígrados y multigrados, se emplean uno u otro, dependiendo de las recomendaciones del fabricante del motor o de las condiciones climatológicas.

Aceites Unígrados

Los aceites unígrados se caracterizan porque sólo tienen un grado de viscosidad. La letra W en algunos aceites unígrados significa Winter (invierno), lo que indica que son aceites que cuando están sometidos a bajas temperaturas no incrementan su

viscosidad, sino que permanecen delgados, garantizando de esta manera, la correcta lubricación del motor.

Aceites Multigrados

Los aceites multigrados se caracterizan porque poseen un alto índice de viscosidad, lo cual, permite que el aceite pueda ser recomendado para cubrir varios grados SAE de viscosidad. Así, un aceite como 20W40 significa que a bajas temperaturas (mayores a -15°C) se comporta como un aceite delgado SAE 20W y a altas temperaturas como un aceite grueso SAE 40.

Por lo tanto, el aceite multigrado es más estable que el unigrado, esto gracias a los aditivos que mejoran su índice de viscosidad (IV), esfuerzos mecánicos y otros aspectos físico-químicos que lo permiten utilizar con un alto grado de confiabilidad.

Tabla 3. Viscosidad de los aceites según, su grado SAE

Grado SAE	Límites de viscosidad				Temperatura límite de bombeo	Grado SAE	Límites de viscosidad				Temperatura límite de bombeo
	cSt/40°C		cSt/100°C				°C	cSt/40°C		cSt/100°C	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.			Máx.	Mín.	Máx.	
0W	19	-	3.8	-	-35	50	192	267	16.3	<21.9	-
5W	21	-	3.8	-	-30	60	-	-	21.9	<26.1	-
10W	26	-	4.1	-	-25	5W40	100	120	16	20	-
15W	42	-	5.6	-	-20	10W30	60	70	10	14	-
20W	50	-	5.6	-	-15	15W40	90	110	14	16	-
25W	110	-	9.3	-	-10	15W50	120	130	16	20	-
10	46	50	5.6	6.9	-	20W20	61	69	6	9	-
20	55	60	5.6	<9.3	-	20W30	90	110	9	14	-
30	109	113	9.3	<12.5	-	20W40	120	130	14	16	-
40	140	189	12.5	<16.3	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Albarracín (2006).

Selección del grado SAE

La selección adecuada de la viscosidad del aceite garantiza que al arrancar el motor, el aceite fluye en el menor tiempo posible a las diferentes partes que lo constituyen, principalmente, al primer anillo de compresión. En la figura dos se da una guía para seleccionar de manera aproximada el grado SAE para una aplicación en particular de acuerdo con la temperatura del medio ambiente; sin embargo, los principales fabricantes de motores diésel son muy categóricos en sus recomendaciones de lubricantes.

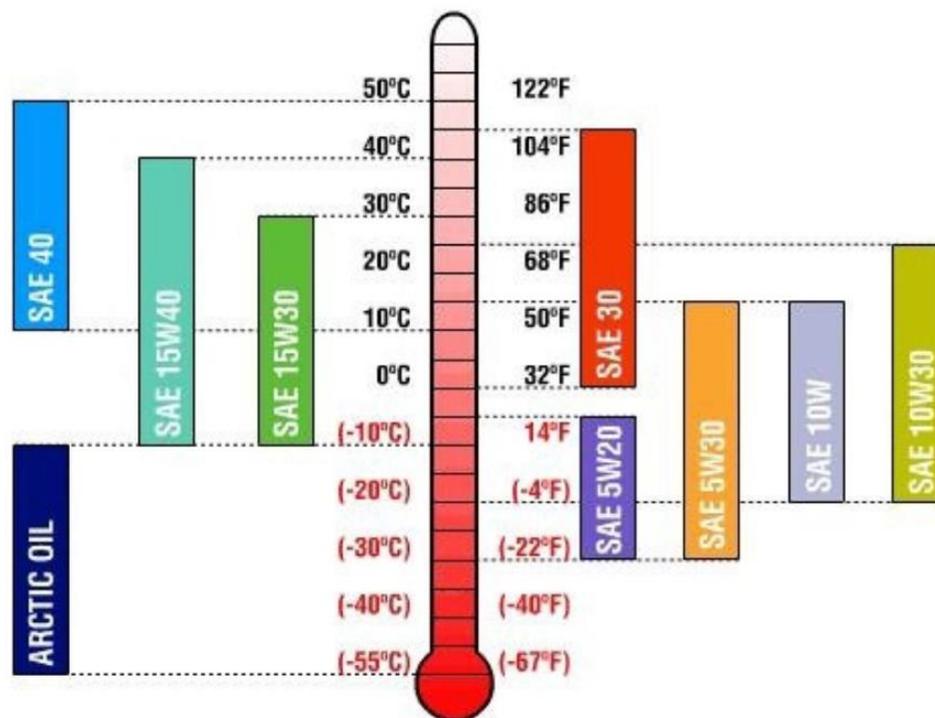


Figura 3. Selección del grado SAE del aceite en función de la temperatura ambiente

Fuente: Widman, R. (2015)

Clasificación ACEA (ACEA EUROPEAN, 2015)

La norma ACEA (Asociación Europea de fabricantes de Automóviles, por sus siglas en inglés) exige una serie de normas que los lubricantes deben cumplir para ser usados en los motores gasolina y diésel.

La norma ACEA está dividida en varios grupos:

- A para motores a gasolina.
- B para motores diésel turismo.
- C para los motores equipados con FAP.
- E para motores diésel pesado.

Tabla 4. Niveles, características y Aplicación de la norma ACEA.

NIVEL ACEA	AÑO DE LA NORMA	CARACTERÍSTICAS.	GRADO SAE	Aplicación.
A1 / B1	2008	Calidad estándar, Aceite ahorrador de combustible.	0/5W - 20/30	Principalmente, orientado a utilitarios y pequeños vehículos urbanos. Estos lubricantes pueden que no sean aptos para algunos motores.
A2 / B2	2008	Calidad estándar. Sin requisitos de ahorro de combustible.	10/15/20W - 30/40/50	Aceite indicado para motores de gasolina de bajas prestaciones y diesel con inyección indirecta.
A3 / B4	2008	Nivel Alto de calidad y prestaciones. Aceite sintético y semisintético.	0/5/10W - 20/30/40	Aceite indicado para todo tipo de motorizaciones de altas prestaciones y largos períodos de cambio del aceite, gasolina y diésel con inyección directa.
A5 / B5	2008	Nivel más alto de calidad y prestaciones. Aceites sintéticos economizadores de combustible.	0/5W - 20/30	Aceite indicado para vehículos de altas prestaciones y largos períodos de cambio del aceite, gasolina y diesel con inyección directa. Estos lubricantes pueden ser que no sean idóneos para algunos motores.
C1	2008	Nivel muy alto de calidad. Aceite con muy bajo contenido en cenizas y características ahorradoras de combustible.	0/5W - 20/30	Aceite indicado para vehículos equipados con filtros atrapadores de partículas (DPF/FAP/CRT). Estos lubricantes pueden ser no aptos para algunos motores. (Preconizado por Ford)
C2	2008	Nivel muy alto de calidad. Aceite con bajo contenido en cenizas y características ahorradoras de combustible.	10/15/20W - 30/40/50	Aceite indicado para vehículos equipados con filtros atrapadores de partículas (DPF/FAP/CRT). Estos lubricantes pueden ser no aptos para algunos motores. (Preconizado por Peugeot/Citröen)
C3	2008	Nivel muy alto de calidad. Aceite con bajo contenido en cenizas.	0/5/10W - 20/30/40	Aceite indicado para vehículos equipados con filtros atrapadores de partículas (DPF/FAP/CRT). Adecuado para todo tipo de motor.
C4	2008	Nivel muy alto de calidad. Aceite con muy bajo contenido en cenizas.	0/5W - 20/30	Aceite indicado para vehículos equipados con filtros atrapadores de partículas (DPF/FAP/CRT). Idóneo para todo tipo de motor. (Preconizado por Renault)

Fuente: ACEA EUROPEAN, 2015

Clasificación ILSAC.

ILSAC (International Lubricants Standardization and Approval Commite), Comité Internacional de Normalización y Homologación de Lubricantes, es compuesto por los fabricantes de los mejores vehículos del mundo. Establece requisitos mínimos para los lubricantes de motores, garantizando que los productos que ostentan su certificación cumplan con el desempeño necesario, además de la exigencia de las propiedades química y física. Todo esto, para garantizar un desempeño satisfactorio y mayor vida útil al motor

Al final, en Octubre del 2010, el API e ILSAC sacaron al mercado las nuevas especificaciones. En términos simples (para las viscosidades que recomiendan los miembros de ILSAC) estos aceites llevan la certificación de ILSAC GF-5 y el símbolo de aprobación para motores a gasolina. Además de mirar el símbolo en la etiqueta, hay que leer la etiqueta para verificar que cumpla con GF-5. Este símbolo no cambia. Aceites certificados GF-4 o anteriores todavía pueden estar en el mercado con este símbolo. Los aceites GF-5 también llevan el logo (Donut) del API con la clasificación SN.

Los aceites de mayor viscosidad que los recomendados por Toyota, Nissan, Honda, Suzuki, Isuzu, Subaru, Mazda, Chrysler y Ford todavía pueden ser certificados API SN, pero no pueden llevar el logo de aprobación ILSAC.

Entonces, un aceite con la viscosidad SAE 0W-20, 5W-20, 0W-30, 5W-30 o 10W-30 puede llevar el símbolo del ILSAC y API SN si está registrado en el API y comprobado. Un aceite SAE 10W-40, 15W-40, o 20W-50 puede llevar el Donut del API SN (si está certificado) pero no puede llevar el logo del ILSAC aunque tenga el mismo paquete de aditivos y aceite básico.

Clasificación API

El Instituto Americano de Petróleo (API, por sus siglas en inglés) se encarga de desarrollar una serie de especificaciones para evaluar la calidad y el desempeño de los aceites para la lubricación de los motores de combustión interna y de los engranajes automotores. Es importante, indicar que el API no califica aceites basado en la cantidad de aditivos, si no por su comportamiento (*performance*).

Un aceite para servicio automotriz no sería bien seleccionado si no se tienen en cuenta tanto el grado SAE como el nivel de calidad API del aceite. Esta información técnica, es necesario, que aparezca en todo el recipiente donde vaya almacenado el aceite automotor. Nunca se deben emplear aceites cuyos envases no traigan esta información o que la tengan en letras cuyo tamaño difícilmente se pueda leer; por lo general, estos aceites no tienen aprobación de la API, y por lo tanto, no cumplen con el nivel de calidad que dicen tener.

2.10. Aceites para motores de gasolina

Los aceites para los motores de gasolina se clasifican, según, la API, con dos letras: la primer letra es la S que quiere decir que el aceite es para motores a gasolina, la S se deriva de la palabra chispa (spark) y la segunda letra que va avanzando en el abecedario, indica los requerimientos de desempeño del aceite de acuerdo con el año de fabricación del vehículo.

Tabla 5. Especificaciones API de los aceites para motores a gasolina

NIVEL DE CALIDAD API	VIGENCIA	CARACTERÍSTICAS.
SA	1960 – 1962	Aceite mineral puro sin aditivos.
SB	1963	Aceites inhibidos con aditivos antioxidantes y anti-herrumbre.
SC	1964 – 1967	Aceites con un nuevo paquete de aditivos anticorrosión y detergentes dispersantes.
SD	1968 – 1971	Aceites con buena resistencia a la formación de lodos en el carter y las partes más calientes del motor, como los cilindros, pistones, anillos y válvulas.
SE	1972 - 1979	Aceites con buena resistencia a la oxidación.
SF	1980 - 1986	Aceites con buen nivel de detergencia – dispersancia y elevada resistencia a la oxidación.
SG	1987 - 1992	Alta protección contra la formación de lodos en la cámara de combustión y presencia de barnices en la falda de los pistones. Cumple con la especificación MIL-L46152C.
SH	1993 - 1997	Aceite con un alto nivel de detergencia y dispersancia.
SJ	1998 - 2001	Aceites altamente, resistentes a la oxidación, a la formación de gomas, barnices y lacas y con un excelente nivel de detergencia – dispersancia.
SL	2002 - 2004	Aceites con bases lubricantes de alta estabilidad térmica y un excelente nivel de detergencia – dispersancia.
SM	2005 en adelante	Aceites equivalentes a los de especificación SL, pero, más biodegradables y menos agresivos al ambiente.

Fuente: Albarracín (2006)

Hoy en día, no se fabrican aceites de especificaciones SA o SB; los SC y SD se producen en menor escala y los más comunes son los SG, SJ, y SM. Una especificación más reciente cubre máximo dos de los anteriores, de tal manera que, si la diferencia entre el año de fabricación del vehículo y la especificación del aceite es mayor, no se recomienda emplear este aceite, porque es factible que la naturaleza química de los aditivos empleados en la formulación del mismo, ataquen la metalurgia de los materiales utilizados en los componentes del motor, dando lugar a problemas de desgaste corrosivo en los componentes.

2.11. Aceites para motores diésel

Contrario a la especificación API, de los aceites para motores a gasolina, en los diésel la API no tiene en cuenta el año de fabricación del vehículo sino la condición bajo, las cuales, trabaja el motor y los clasifica con dos letras siendo la primera la C que indica el tipo de motor, es decir detalla el tipo de operación que se aplica a la mezcla de combustible y aire compresión (C) y la segunda las condiciones operacionales del motor.

Tabla 6. Especificación API de los aceites para motores diésel

NIVEL DE CALIDAD API	CARACTERÍSTICAS
CA	Para motores diésel de trabajo liviano (como camionetas, automóviles y pequeñas plantas estacionarias).
CB	Para motores diésel sometidos a trabajo moderado (como camionetas, buses, etc.).
CC	Para motores diésel no turboalimentados, pero que trabajan bajo condiciones severas.
CD	Se empezó a utilizar desde el año 1955, para motores diésel turboalimentados o que no trabajan bajo condiciones críticas (maquinara pesada). Esta especificación estuvo vigente por más de 30 años.
CE	Garantizan máxima protección contra la formación de depósitos a alta y baja temperatura, contra el desgaste, la oxidación y la corrosión. Disminución del consumo de aceite con respecto a los CD lográndose recorridos hasta de 1000 kilómetros más por cuarto de aceite consumido. Esta especificación se recomendó para todos los motores diésel turboalimentados fabricados a partir del año 1987.
CF	Surgió a partir del año 1992, debido a la necesidad de construir motores diésel con holguras menores entre la corona del pistón y la camisa para reducir las emisiones y mejorar la economía de combustión.
CG	Vigente desde el año 1998. Presenta alta resistencia al desgaste.
CH	Vigente desde el año 2002. Garantiza excelente protección contra la formación de depósitos en la cámara de combustión y en las ranuras de los anillos, bajo contenido de cenizas y elevada resistencia a la oxidación. Se recomienda para cualquier tipo de condición de operación.
CI	Vigente desde el año 2004. Garantiza el mismo nivel de desempeño de los aceites API CH, pero, los aceites fabricados bajo esta especificación son más amigables con el ambiente por la menor formación de elementos tóxicos y no biodegradables.

Fuente: Albarracín (2006)

La especificación API del aceite para motores diésel tiene que ver con su capacidad de detergancia-dispersancia, la cual, permite neutralizar los ácidos que se forman durante el proceso de combustión, controlando la corrosión y la herrumbre de

los componentes lubricados. Esta característica se evalúa por medio del parámetro conocido como TBN (Número Básico Total, prueba ASTM D 664).

2.12. Aceites para motores a gasolina o diésel

En el mercado se consiguen aceites formulados tanto para motores a gasolina como diésel y viceversa; tal es el caso de un aceite de clasificación API CI/SM, en donde por la especificación CI se puede utilizar para motores diésel sometidos a cualquier condición de operación y por la SM para lubricar motores a gasolina fabricados después del año 2004. En cualquier caso, es necesario seleccionar correctamente el aceite automotor y tener en cuenta tanto la viscosidad SAE como el nivel de calidad API. Esta información aparece en el empaque donde se almacena el aceite automotor.

2.13. Aceites para engranajes automotores

La calidad API de estos aceites se fundamenta en el tipo de engranajes automotores que el aceite va a lubricar y en la condición de lubricación que puede ser fluida o EHL. La especificación API se identifica con las dos letras GL (*Gear Lubricant*, por sus siglas en inglés) y con un número que va del uno al seis. Cuando se seleccione un aceite para engranajes automotores hay que tener en cuenta el grado SAE y el nivel de calidad API. Esta información aparece tanto en el envase como en el catálogo del fabricante.

Tabla 7. Especificación API de los aceites engranajes automotores

NIVEL API	TIPO DE ENGRANAJES	CONDICIONES DE OPERACIÓN	CARACTERÍSTICAS
GL-1	Cónicos y Helicoidales	Baja presión y deslizamiento.	No posee aditivos de extrema presión (EP) ni modificadores de fricción, contienen inhibidores de la herrumbre y oxidación.
GL-2	Sin corona	Bajo deslizamiento.	Antiespumantes y depresores del punto de fluidez
GL-3	Sin corona	Alto deslizamiento bajo condiciones de carga y velocidades ligeras.	Bajo contenido de aditivos EP
GL-4	Todos los tipos	Condiciones severas de deslizamiento, carga y velocidad. Cumple con la especificación MIL—L2105.	Medio contenido de aditivos EP
GL-5	Todos los tipos	Condiciones muy severas de presión, choque y deslizamiento. Cumple con la especificación MIL-L2105B.	Alto contenido de aditivos EP
GL-6	Todos los tipos	Condiciones extremadamente severas de deslizamiento y choque.	Alto contenido de aditivos EP con modificadores de fricción.

Fuente: Albarracín (2006)

2.14. Selección de grasas

Para la selección adecuada de las grasas, es preciso, conocer primero el ambiente de trabajo, segundo la temperatura de trabajo y tercero las revoluciones por minuto de los elementos a lubricar.

De la misma manera, las grasas, ya sean, de naturaleza mineral, sintética o vegetal se componen del aceite base (que puede ser viscoso o delgado), el agente espesante y los aditivos. El porcentaje de cada uno depende del fabricante, por lo cual, su composición puede variar. Componentes de la grasa:

Aceite Base

El aceite base de la grasa está constituido por la base lubricante y los aditivos; se selecciona con las mismas características del que requeriría si el mecanismo fuese lubricado con aceite. Básicamente, se utilizan los aceites de tipo parafínico, el mismo, presenta buena fluidez y es fácil de combinar con el jabón, y los de tipo nafténico para bajas temperaturas de trabajo.

Además, los aceites sintéticos, se utilizan en grasas que trabajan en condiciones extremas de alta o baja temperatura y comúnmente, se utilizan con espesadores de jabón de complejo de litio. Cuando el espesor y el aceite base de la grasa son sintéticos, su uso generalmente, se limita a equipos rotativos que trabajan bajo condiciones extremas, no obstante, su utilización cada vez es mayor en programas de tribología tendientes a la reducción del desgaste adhesivo y al consumo de energía por menor fricción fluida.

Espesadores

Los espesadores, agentes espesantes o jabón de las grasas se fabrican a partir de una base metálica que son calcio, sodio, litio complejo de litio, aluminio, bario, etc., es sometida a un proceso de calentamiento en donde se le añaden ácidos grasos o hidróxidos. Las propiedades de los espesadores dependen de las bases metálicas o jabones utilizados.

Tipos de espesadores

Los espesadores más utilizados y el comportamiento de las grasas en las cuales trabajan son:

- Sodio: soporta mayor batimiento, vibración y agitación sin separarse. Poseen buena resistencia a la oxidación. La temperatura de goteo es aproximadamente, de 195°C para un contenido de jabón de entre un 14 y 18 por ciento. Se recomienda para una temperatura máxima de operación entre los 0 y 80°C. Se descompone con facilidad en el agua. Presenta un buen desempeño en la lubricación de los rodamientos de los motores eléctricos.
- Calcio: son resistentes al efecto de lavado por agua, sin embargo, no la absorben y esto hace que sus propiedades anticorrosivas sean deficientes. Se recomienda donde las condiciones de batido, vibración y agitación no

sean críticas. Se emplean entre -10°C y 55°C para un contenido de calcio entre 21 y 25 por ciento. Las frecuencias de relubricación son cortas.

- 12-hidroxyestearato de calcio: no utiliza agua de hidratación y se recomienda para aquellas aplicaciones donde la grasa puede estar accidentalmente, en contacto con alimentos. Se utiliza hasta temperaturas máximas de operación de 121°C .
- *Complejos de calcio*: el estearato acetato de calcio y las sales de ácido acético se emplean como modificadores de los jabones de calcio. El punto de goteo está sobre los 250°C , sin embargo, este tipo de grasas se endurecen a bajas temperaturas.
- *Litio o multipropósito*: tienen un rango de trabajo comprendido entre -20°C y 80°C , para un contenido máximo de 9 u 11 por ciento. Posen buena resistencia al lavado por agua, pero, no ofrecen una resistencia adecuada a la corrosión. Las que contienen estearato de hidróxido de litio son especialmente, útiles para condiciones de alta temperatura y ambiente húmedos. Se conocen también, como grasas de uso múltiple o multipropósito y sustituyen a las de calcio y sodio.
- *Complejos de litio*: presentan puntos de goteo hasta de 250°C , excelente estabilidad mecánica y muy buena resistencia al lavado por agua.
- *Aluminio*: poseen buena resistencia al lavado por agua, buenas características anti-herrumbre y excelente adhesividad. Se emplean hasta 77°C . Su alto costo limita su uso.
- *Complejos de aluminio*: poseen elevados puntos de goteo y alta resistencia al lavado por agua, muy buena bombeabilidad debido a su estructura fibrosa corta y buena estabilidad mecánica.
- *Bario*: fueron las primeras grasas multipropósito debido a su buena estabilidad a las altas temperaturas y a su resistencia al lavado por agua. La temperatura máxima de trabajo es de 100°C . Debido a su alto contenido de jabón, no se recomiendan su utilización en sistemas centralizados de grasa, ya que, los pueden obstruir.

- *Base mixta*: sus propiedades dependen del porcentaje de sus componentes, así como del método de fabricación. Se utilizan poco porque el fin que se persigue con ellas es obtener las características de los diferentes tipos de jabones en uno solo, lo cual, raras veces se logra, por lo que es más práctico utilizar una grasa de un jabón específico que da mejores resultados a un menor costo.
- *Sin jabón metálico*: utilizan como espesante el negro de humo, gel de sílice, alquilos de urea y arcillas modificadas. Son resistentes al lavado por agua y su tasa de oxidación es más baja que las fabricadas con otros espesadores. Poseen un alto punto de goteo y las temperaturas de trabajo pueden estar alrededor de los 200°C; no obstante, a estas temperaturas es más económico utilizar grasas sintéticas.
- *Bisulfuro de molibdeno (MoS₂)*: poseen bajos coeficientes de fricción y reducen el desgaste de los mecanismos lubricados, tienen excelente adhesividad y resistencia al lavado por agua. Su principal aplicación es en rodamientos, cojinetes de fricción, husillos y articulaciones. Si la base es sintética se emplea, hasta 370°C. No se deben utilizar con mecanismos de bronce porque, si hay presencia de agua, el MoS₂ se puede volver un agente corrosivo.
- *Poliurea*: se obtiene de combinaciones orgánicas-sintéticas. Poseen excelente resistencia al envejecimiento y las temperaturas de servicio están comprendidas entre -30°C y 175°C. Su mayor aplicación se dan en condiciones de alta temperatura, elevadas cargas y altas velocidades de giro. Tienen la notable propiedad de ser más viscosas a elevada temperatura y volver a sus condiciones normales a temperatura ambiente.
- *Sintética*: está constituida por aceites sintéticos de elevado índice de viscosidad (alrededor de 195), se utilizan, para temperaturas muy amplias de servicio (entre -78°C y 165°C), presentan una excelente estabilidad térmica y bajos coeficientes de fricción. Permiten amplias frecuencias entre relubricaciones.

En la práctica de la lubricación se es obligatorio, evitar la mezcla grasas, de diferentes marcas o especificaciones porque en muchos casos, también, aplicable a los espesadores, la viscosidad del aceite base y los aditivos son incompatibles, por lo tanto pueden llegar a reaccionar desfavorablemente, descomponiendo la grasa resultante, estado que da lugar por lo regular a un aspecto “arenoso” de la grasa. Solamente, son compatibles las grasas de jabón de calcio y de litio (CALI), siempre y cuando los aceites sean del mismo tipo (parafínicos, nafténicos, sintéticos o vegetales) y tengan la misma viscosidad. En la Figura tres se muestran las diversas compatibilidades entre grasas de diferente base.

Espesante	Sodio	Compl. Alum.	Bario	Calcio	Compl. Calcio	Areilla	Litio	Compl. Litio	Poliurea
Sodio	C	I	I	I	I	I	I	I	I
Com. Alum.	I	C	I	I	I	I	P	C	I
Bario	I	I	C	I	I	I	I	I	I
Calcio	I	I	I	C	I	I	P	C	I
Com. Calcio	I	I	I	I	C	I	I	I	I
Areilla	I	I	I	I	I	P	I	I	I
Litio	I	P	I	P	I	I	C	C	I
Compl. Litio	I	C	I	C	I	I	C	C	I
Poliurea	I	I	I	I	I	I	I	I	C

C compatible
 P parcialmente compatible
 I incompatible

Figura 4. Compatibilidad de grasas de distintas composiciones
 Fuente: Grupo SKF (2015)

Consistencia de las grasas

La consistencia de las grasas depende de la viscosidad del aceite, del tipo y porcentaje de espesante que posea. La consistencia es un factor importante de la grasa porque ella determina su capacidad de lubricación y sellamiento, de permanencia en su sitio, bombeabilidad y capacidad para soportar una determinada temperatura.

De la misma manera, las grasas, ya sean, del tipo industrial o automotriz, minerales, sintéticas o vegetales se clasifican de acuerdo a su grado de consistencia, el cual se determina según, el método ASTM D217, conocido como “Cono de penetración de las grasas lubricantes”. Este método fue establecido por la NLGI (Instituto Nacional de Grasas Lubricantes) y permite hallar la consistencia de una grasa en términos de *penetración sin agitación* (durante el almacenamiento) y *penetración trabajada* durante prolongados períodos de tiempo. La consistencia normalmente, se reporta en términos de *penetración trabajada* porque es el factor más representativo de las condiciones reales bajo, las cuales, opera una grasa, principalmente, si se utiliza en la lubricación de rodamientos.

La penetración de las grasas según, el método ASTM D127 tiene su correlación con una escala numérica estandarizada por la NLGI, para clasificar la consistencia de las grasas. Este número es el que aparece al final del nombre de las grasas.

Tabla 8. Clasificación ASTM y consistencia NLGI

Penetración trabajada ASTM D 217 mm/10 25°C (77°F)	Consistencia NLGI	Grado de dureza	Campo de aplicación
447 - 475	000	Muy Fluida	Engranajes
400 - 430	00	Fluida	Engranajes
355 - 385	0	Semifluida	Rodamientos, sistema centralizado de lubricación.
310 - 340	1	Muy Blanda	Rodamientos, sistema centralizado de lubricación.
265 - 295	2	Blanda	Rodamientos
220 - 250	3	Media	Rodamientos
175 - 205	4	Dura	Cojinetes lisos, grasa en bloque
130 - 160	5	Muy dura	Cojinetes lisos, grasa en bloque
85 - 118	6	Durísima	Cojinete lisos, grasa en bloque

Fuente: Albarracín (2006)

Para la seleccionar correctamente, la grasa para una aplicación específica es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros:

- 1) Consistencia: los grados NLGI que se emplean comúnmente son uno, dos y tres.
- 2) Tipo de espesante: los más utilizados son los de litio, complejo de litio, sodio y calcio.
- 3) Viscosidad dinámica: se especifica de acuerdo con la velocidad y temperatura de operación del mecanismo.
- 4) Factor de giro de la grasa: es importante, tenerlo en cuenta en aquellas aplicaciones de altas velocidades, ya que, si éste es mayor que el del rodamiento se garantiza que durante el funcionamiento de éste, la grasa no será expulsada por la fuerza centrífuga de las pistas de rodadura y elementos rodantes.
- 5) Temperatura de trabajo: permite seleccionar el grado NLGI y el tipo de jabón de la grasa.
- 6) Aditivos: es necesario, tener en cuenta el tipo de lubricación (fluida o EHL) que se está presentando con el fin de determinar si la grasa requiere o no aditivos de extrema presión.
- 7) Sistema de aplicación: influye en la selección de la consistencia de la grasa, así para sistemas de lubricación centralizada por lo regular es NLGI 0 o uno; para reengrase es dos y para sistemas de grasa empacada es tres.

2.15. Almacenamiento

La lubricación depende de un conjunto de factores para garantizar su buen desempeño, no todo es sólo la selección de lubricantes, también, es necesario, tener en cuenta determinadas normas y requisitos durante su manipulación, almacenamiento y distribución.

Quizás el parámetro más importante de considerar es la protección y el manejo que el usuario le debe dar a los aceites y grasas. Esto es tan esencial como la misma selección de las propiedades físico-químicas de dichos productos.

Almacenamiento a la intemperie

Este tipo de almacenamiento se evita en lo posible, porque presenta muchas posibilidades de que los lubricantes se contaminen con el agua (transpiración de la caneca) o que las marcas y especificaciones del producto se borren. De no haber otra alternativa, se debe tener presente las siguientes recomendaciones:

1. Almacenamiento del tambor en posición horizontal. El agua es la sustancia que más afecta la vida del aceite. Para evitar que el agua penetre, los tambores de aceite se deben almacenar en posición horizontal y de forma tal que el aceite, en la parte interior, cubra completamente, la tapa y el tapó, ejerciendo de esta manera una contrapresión que impide la entrada de cualquier cantidad de humedad.

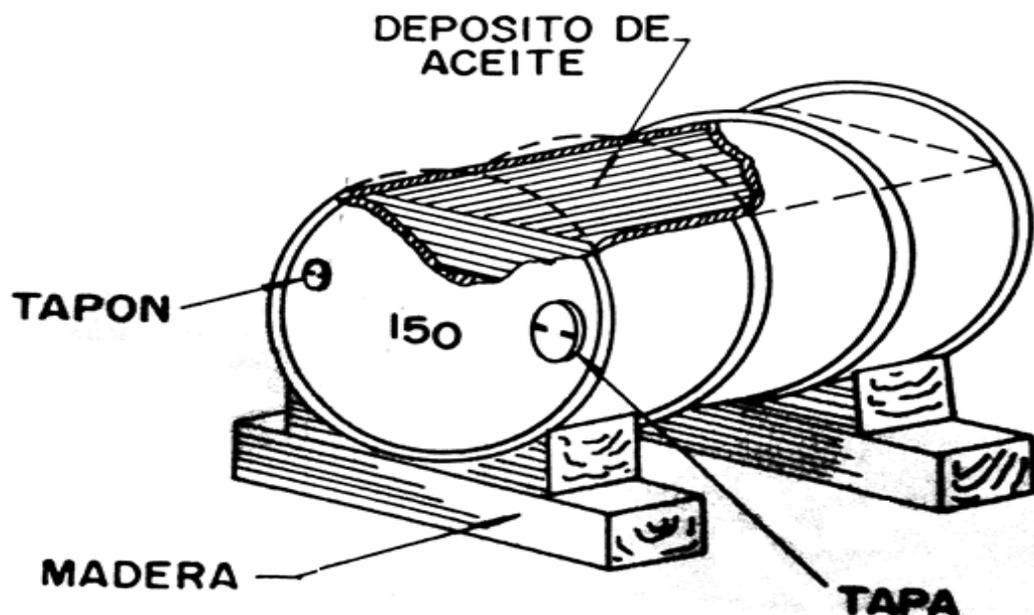


Figura 5. Almacenamiento horizontal a la intemperie
Fuente: Albarracín (2006)

2. Almacenamiento del tambor en posición vertical. Sólo en caso de ser el último recurso, se utiliza, este método de almacenamiento, ya que, hay muchos riesgos de contaminación por agua y de posibles derrames. Cuando se recurra a este método de almacenamiento, se colocan, los contenedores con la tapa

y el tapón hacia abajo, de tal forma que el fondo del tambor quede hacia arriba.

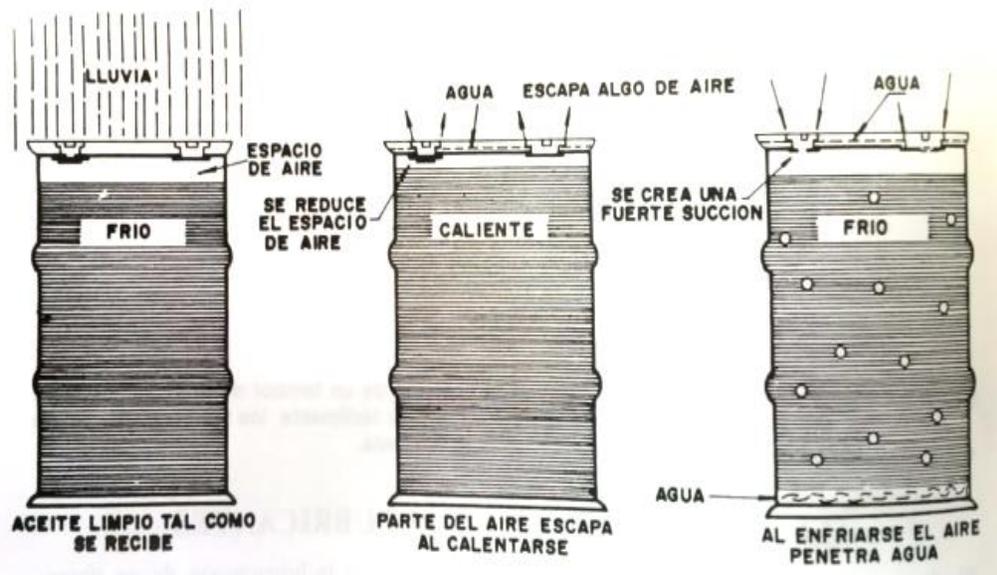


Figura 6. Cambios de temperatura aumentan las posibilidades contaminación del aceite
 Fuente: Albarracín (2006)

Con respecto a los de tambores con aceite en uso, es aconsejable, colocarlos inclinados para que en caso de acumulación de agua, la tapa y el tapón no vayan a quedar sumergidos bajo ella.

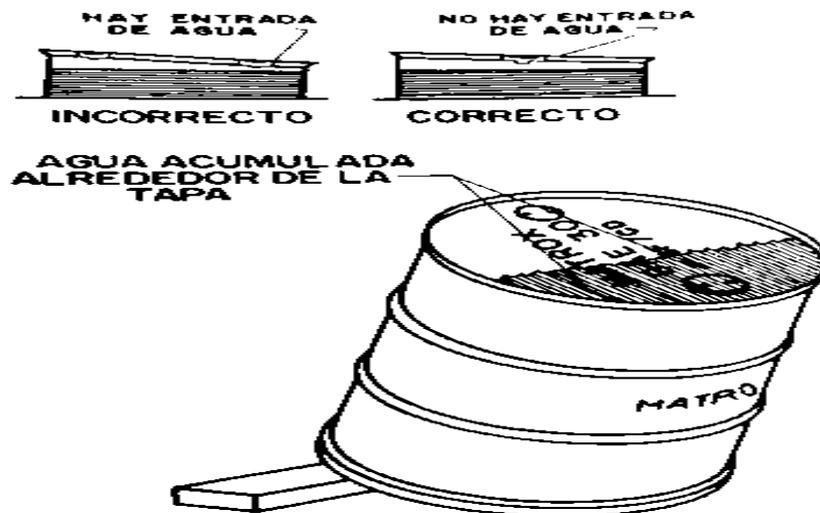


Figura 7. Inclinación para evitar ingreso de agua al tambor
 Fuente: Albarracín (2006)

Almacenamiento bajo techo

Ésta es la forma de almacenamiento que siempre es obligatorio emplear, porque impide que los contaminantes presentes en el medio ambiente, como polvo, agua, arena, etc., entren en contacto con el aceite que causa su degradación prematura.

Las limitaciones de acomodo de los lubricantes por lo general la determina las dimensiones de la bodega, no obstante, la misma debe contar con ciertas normas mínimas, como: tener luz natural, piso de cemento preferiblemente, sellado y pintado con pintura epóxica, buena ventilación, estar constantemente aseado, pintado con un color claro (blanco o crema) en sus paredes y un fácil acceso para el despacho e ingreso de lubricantes.

2.16. Tipos de mantenimiento

El diseño de un sistema organizado brinda información de relevancia para la toma de decisiones importantes dentro de la empresa, con el ánimo de cumplir con los siguientes objetivos:

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento correctivo.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida útil de los equipos.

Pueden existir varios tipos de mantenimiento, sin embargo solamente, se detallan los aplicados en RECOPE.

- a. *Mantenimiento predictivo*: Este mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que ésta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la misma o al momento en que el equipo o elemento deje de trabajar en sus condiciones óptimas.

- b. *Mantenimiento preventivo*: Este mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados.
- c. *Mantenimiento correctivo*: Se ocupa de la reparación una vez que se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina. En el mantenimiento correctivo planificado se elabora un plan en el que se prevén repuestos, mano de obra, etc.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

Cuando se planifica y se coordina el programa de lubricación se establece, se considera que la producción de la planta cuenta con un esquema de mantenimiento preventivo eficaz (Clapp & Wilcox, 1980). Por lo tanto, para lograr el desarrollo y el éxito en este proyecto, se realizan diferentes técnicas que permitieron dar seguimiento y orden de prioridades, todo con el fin de lograr los objetivos planteados y evitar que el resultado estuviera condicionado por factores fortuitos. Estas pautas se definieron luego de recabar información bibliográfica que orientaron la realización del trabajo de la siguiente manera.

3.1. Conocimiento del equipo y la empresa

Antes de iniciar las labores de ejecución del proyecto fue fundamental una inducción con el propósito de moldear una imagen más amplia de la empresa, conocer su reglamento interno y otros pormenores que son importantes, para el buen desempeño laboral.

También, fue necesario, realizar un recorrido por las instalaciones para conocer la ubicación de los equipos, los talleres y personal encargado de su mantenimiento, pues, ellos aportaron información valiosa que para la ejecución de este trabajo.

3.2. Diagnóstico del plan actual de lubricación

Con la idea de encontrar los puntos más importantes a mejorar en el presente plan de lubricación, este proyecto se apoya en las siguientes dos técnicas:

3.2.1. Diagrama de Ishikawa

El cual, se genera, a partir de una lluvia de ideas con el fin de determinar las posibles causas que afectaban el buen desempeño de nuestro objeto de estudio (ver Figura 21. Diagrama Ishikawa).

3.2.2. Auditoría del programa actual de lubricación

El objetivo de haber hecho este análisis es reconocer y estudiar las prácticas de lubricación actuales. Al realizar esta radiografía involucra los siguientes pasos.

- a) Inventario de las máquinas.
- b) Documentación técnica de las máquinas.
- c) Puntos de lubricación.
- d) Fichas técnicas de los lubricantes utilizados.
- e) Métodos de lubricación.
- f) Frecuencia de lubricación.
- g) Fortalezas y debilidades en el proceso de la lubricación actual.

Para obtener estos datos consumió mucho tiempo y varios días de inspección y realización de entrevistas a los involucrados. Sin embargo, este paso fue vital para conseguir una imagen precisa de las prácticas actuales de lubricación, que fueron la base sobre la cual se tomaron decisiones de cuáles aspectos se debían mejorar.

3.3. Consolidación de lubricantes

Luego que el punto anterior se completa, se procedió a utilizar la base de datos recopilada con la identificación del lubricante especificado por el fabricante de cada equipo, a fin de consolidar u optimizar el número de lubricantes utilizados, ya que, era parte importante en el diseño y mantenimiento de un programa efectivo de lubricación. La selección final del lubricante debe pasar por pruebas de campo y experiencias pasadas.

3.4. Plan de Lubricación

En este punto se procedió a revisar las órdenes de trabajo que se generan en el software utilizado “SAP”, para verificar que cumplen con los requisitos mínimos de información que es necesario incluir, con el fin que el lubricador efectúe su trabajo sin confusión y de manera eficientemente. Se crea las recomendaciones del caso, ya

que, la orden de trabajo debe ser el lazo de comunicación entre el trabajador y su supervisor.

3.5. Manipulación y almacenamiento del lubricante

La gran cantidad de equipos que necesitan de un lubricante dentro del plantel, hizo necesario que la compra y la manipulación de estos materiales dentro de la planta fuese un elemento importante desde el punto de vista de la limpieza, la seguridad laboral y los costos.

3.6. Análisis de aceite

Los análisis de aceites, es una herramienta, muy importante para el mantenimiento preventivo y predictivo. La prevención de las interrupciones inesperadas de los equipos se evitan o al menos reducirse al mínimo cuando un programa se inicia y mantiene correctamente. RECOPE no tiene implementada esta práctica.

3.7. Evaluación de nuevos lubricantes

La mayoría de fabricantes de lubricantes realizan continuamente, investigaciones para desarrollar nuevos lubricantes con nuevas formulaciones, por lo tanto, es difícil afirmar cual lubricante en particular es el mejor del mercado. Por este motivo es recomendable dar la oportunidad de hacer una prueba controlada de los lubricantes nuevos que ofrecen los proveedores, siempre de una manera responsable y con su debida documentación para su valoración por parte del departamento de mantenimiento.

3.8. Capacitación al personal

La educación en lubricación, es tan importante, como cualquier otra capacitación para el personal del plantel. El aumento de las habilidades y conocimiento de las personas responsables de la aplicación real de lubricantes aumenta sustancialmente

la fiabilidad de los equipos. Además, el invertir en capacitar al personal operativo y de mantenimiento ayuda a estar más alerta para reconocer los síntomas de las condiciones de mal funcionamiento del equipo y de informarse antes que el equipo falle.

3.9. Instructivo de mantenimiento

El instructivo de mantenimiento que se propone describe el procedimiento y actividades que se realizan, siguiendo las pautas del plan de mantenimiento. Este documento se constituye en el proceso intermedio de relacionar los procedimientos descritos y las tareas a realizar, ya que, con él se hará que distintas personas en diferentes momentos logren hacer las actividades de la mejor manera y se sigue, un procedimiento estandarizado.

CAPÍTULO IV

4. DESARROLLO

En esta sección se da una explicación de cada uno de los puntos mencionados en la sección de la Metodología, en la cual, se describe el estado actual de programa de lubricación y también, se darán las recomendaciones pertinentes para mejorar el proceso.

4.1. Conocimiento del equipo y de la empresa

La realización de esta primera etapa es fundamental para el proyecto, ya que, definió el alcance de este plan.

Como todo trabajador nuevo que ingresa a esta empresa, y con el fin de facilitar el proceso de adaptación e integración, fue necesario, realizar una inducción. En la misma, se explica acerca de quién es RECOPE, qué se hace, cómo se forma y para qué lo hace. Además, de estos aspectos, también, se explican las normas, las políticas y los reglamentos existentes en la empresa. Este proceso fue muy importante debido a que ayuda a disminuir la tensión que un trabajador nuevo experimenta, tales como incertidumbre por la situación nueva, angustia por las tareas a realizar y por último, temor de no ser aceptado por los compañeros.

En lo referente al conocimiento de las máquinas, se realizó una gira por todo el plantel para conocer el ambiente de trabajo de los equipos, su ubicación y el proceso productivo del plantel El Alto. Estas visitas ayudan a comprender cómo es que se distribuyen las tareas en el área técnica de los talleres así como la familiarización con los equipos.

En lo concerniente a los equipos estacionarios, su gran mayoría se conforman de un motor eléctrico, reductor y bomba, instalados en una base sólida y compacta que comúnmente se denominan trineos. Hay casos especiales donde se cuenta con un motor de combustión y una bomba como los sistemas contra incendio y plantas eléctricas.

Los conjuntos o trineos se dividen operativamente, en tres áreas operativas o de trabajo, estas áreas se encargan de realizar los mantenimientos según, lo ameriten. Si el motor es de combustión, el mantenimiento lo realiza el Taller Automotriz, si es eléctrico el mantenimiento está a cargo del el Taller Eléctrico y en lo que respecta a las bombas y reductores, los atiende el Taller Mecánico-Industrial.



Figura 8. Conjunto de motor, reductor y bomba
Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a los vehículos livianos, el Taller Automotriz de la empresa, es el encargado de su mantenimiento y reparación.



Figura 9. Flota vehicular liviana
Fuente: Elaboración propia.

4.2. Diagnóstico del plan actual de lubricación

El proceso de diagnóstico se ejecuta con la idea de conocer de una manera analítica la situación real de la organización empleando diferentes métodos que ayudaron al descubrimiento de problemas a corregir y oportunidades de mejora. El diagnóstico no es un fin en sí mismo, sino que es el primer paso esencial para perfeccionar el funcionamiento de la organización (Meza B. & Carballeda González, 2009).

Lluvia de ideas

Como primer punto y con el fin de determinar todas las potenciales causas y las posibles razones reales que afectan al plan de lubricación, se realiza una lluvia de ideas entre el Ingeniero Alfonso Rivera, Ingeniero Juan Carlos Campos (encargados de Zona El Alto y de la Unidad de Programación y Control respectivamente) y el área técnica. Las ideas obtenidas se plasman en un diagrama de Causa-Efecto (Ishikawa) (ver figura 21.)

La información recabada para la confección de este diagrama fue por medio de entrevistas hechas a los técnicos encargados de realizar los procesos, así como al ingeniero a cargo, y por medio de apreciaciones visuales del área de trabajo.

La entrevista realizada abarcó las siguientes preguntas.

1. ¿Existe algún sistema de codificación de equipos?

Para fines de un plan de lubricación no existe codificación, pero, para uso interno los equipos si cuentan con una codificación para su identificación, la cual, se describe de la siguiente manera.

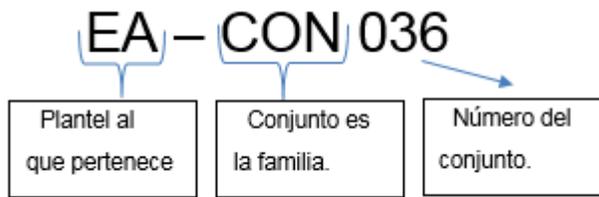


Figura 10. Codificación del sistema de mantenimiento
 Fuente: Elaboración Propia.

Este código abarca un grupo de equipos que se conforman para su funcionamiento. Hay grupos que cambian su codificación en la familia, tales como, los sistemas contra incendio que utilizan MBCIA, que significa, motobomba contra incendio y otros que utilizan SUM para describir sumidero. Pasando de lo general a lo específico, cada equipo cuenta con su propio código y número, Dependiendo de si es bomba, reductor, motor eléctrico, motor de combustión o motobomba, así será su codificación con las iniciales de cada elemento.



Figura 11. Ejemplos de codificación
 Fuente: Elaboración propia.

Para la identificación de los aceites se utiliza un código que es asignado por el Departamento de Almacén, pero, el mismo es con fines de control para la compra y no con la idea de que cumpla un estándar para el plan de lubricación.

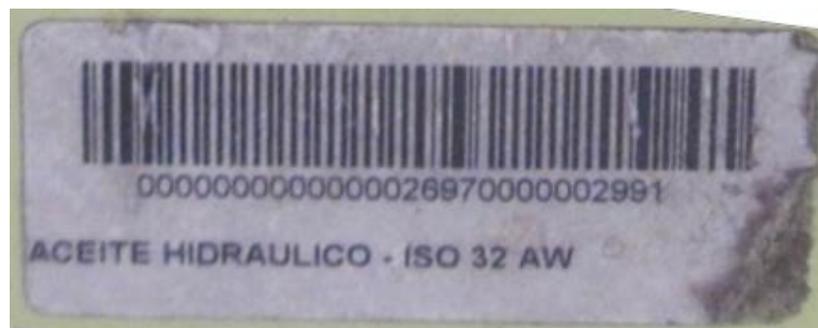


Figura 12. Codificación uso interno
 Fuente: Elaboración Propia.

En el caso de la flota vehicular liviana, se manejan por medio de la placa de cada carro para su control en el sistema de mantenimiento.



Figura 13. Número de placa utilizado para codificación en el sistema de mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia.

2. ¿Formato de las órdenes de trabajo?

La orden de trabajo (OT) detalla por escrito las actividades a realizar cuando se produce un mantenimiento o una reparación. Tienen un formato de *check list* o lista de verificación, y si se tiene algún tipo de observación se colocan al final de la orden de trabajo. Para el presente proyecto se emplaza con principal atención a las OT de mantenimiento preventivo, ya que el plan de lubricación es parte de este tipo de mantenimiento. En el apéndice uno se muestra una orden de trabajo para una bomba centrífuga y un vehículo. La recomendación que se pretende es de indicar la cantidad y el tipo de lubricante que utiliza el equipo, ya que, no aparecen dichos datos en la orden.

3. ¿Qué tipo de mantenimientos realizan en el plantel?

El Departamento de Mantenimiento coordina y ejecuta a través de sus técnicos todos los mantenimientos preventivos de los equipos según, la calendarización elaborada por la Unidad de Programación y Control. En relación al mantenimiento predictivo, se cuenta con herramientas como termografía y análisis de vibraciones,

los cuales, se ejecutan cuando se hacen trabajos mayores en los equipos, por ejemplo, un cambio de roles o cuando el técnico lo solicite.

4. ¿Existe un plan de análisis de aceite? Si existiera en qué consiste.

No nunca se ha utilizado un método de análisis de aceites.

5. Diagrama de flujo del proceso.

a. ¿Cómo se realiza?

Los técnicos encargados de hacer la lubricación realizan diferentes actividades que se especifican en la orden de trabajo según, la posibilidad de realizarla, pues, hay trabajos que se realizan con el equipo en operación.

- *Engrasar.* Consiste en aplicar grasa a los equipos empleando una bomba de pedal, neumática, eléctrica o inyector manual.
- *Cambiar.* Significa que el técnico, es preciso, que reemplace el aceite usado en servicio de un equipo por uno nuevo.
- *Revisar.* Actividad que consiste en realizar una inspección visual y auditiva para detectar posibles fallas.
- *Limpiar.* Actividad que consiste en eliminar residuos por degradación del aceite y realizar el aseo general por la parte exterior de los equipos.

De la misma forma, se aclara, que estas actividades aquí señaladas no fueron confeccionadas con base a un plan formal de lubricación, por lo tanto, el técnico a cargo, trabaja la solicitud utilizando los criterios de su experiencia y enseñanzas de sus compañeros.

b. ¿Quién es el responsable del plan de lubricación?

No hay una persona asignada específicamente, a implementar, desarrollar y mantener un plan de lubricación. La Unidad de Programación y Control se encarga

de calendarizar las órdenes de trabajo que es necesario se realice e informar a los diversos equipos y los técnicos, ya sean, del taller mecánico o automotriz, ellos realizan las actividades indicadas en las órdenes de trabajo y son los responsables directos por el trabajo realizado.

c. ¿Con base a qué se realizan los cambios y reengrase de los lubricantes?

La lubricación se realiza con base a las órdenes de trabajo generadas automáticamente, no interesa, si el aceite realmente, necesite ser cambiado o no.

d. ¿Existe ruta crítica para los equipos estacionarios?

La ruta crítica no está claramente especificada, se dan por sentado cuales equipos son críticos y cuáles no. No existe ningún tipo de estudio que respalde la definición de los equipos críticos que se manejan.

e. ¿Existen rutas de lubricación?

No existe una ruta de lubricación.

f. ¿Qué edad tienen los equipos?

Los equipos estacionarios son muy variados y difíciles de precisar fecha de fabricación, pero según, datos suministrados por el Ingeniero Alfonso Rivera, responsable de la Zona El Alto, y los técnicos, hay equipos que fácilmente, alcanzan 20 o 25 años de estar en operación.

En lo que respecta a los 37 vehículos livianos, el 78% de la flota vehicular es menor a los 10 años y el resto varía entre los 11 y 17 años de haber sido fabricados.

6. ¿Se cuenta con una hoja de vida de las máquinas?

El software que utilizan lleva esta estadística, sin embargo, no se realiza, ya que, al finalizar las tareas no se describe de manera clara la falla y como se resolvió. El Departamento de Mantenimiento considera que el cuadro de la resolución del problema se hace escribiendo en el área de observaciones de la OT por lo cual, su filtrado debe hacerse de manera manual. Ahora se recapacita en agregar una pestaña de selección, para que de este modo se filtre de una vez el tipo de falla encontrada.

7. Actividad que desarrollan los vehículos livianos.

De los 37 vehículos con los que cuenta el plantel, 29 son carros tipo pick-up éstos transportan personas y poca carga y el resto son vehículos estilo sedan. Se afirma que toda la flota tiene su mayor exigencia en las grandes distancias que recorren para la ejecución de obras diariamente y el traslado de personal en rutas urbanas y lugares de difícil acceso.

8. ¿Cómo es el almacenamiento y manejo de los lubricantes nuevos?

El Departamento de Almacén, es el encargado, de cumplir con las compras necesarias de los materiales en el momento oportuno, en la cantidad requerida y a un precio adecuado, también, proporciona el espacio físico bajo techo y acceso restringido para almacenarlo. Lo que ocurre es que no se encuentran en un área delimitada para su almacenamiento exclusivo, de hecho está cerca de otros elementos que se podrían ver afectados ante la presencia de un posible derrame. Tampoco se encuentran agrupados por tipo de aceite y no cuentan con una codificación de colores para distinguirlos. Algunos tambores se encuentran golpeados, lo que puede comprometer la integridad del aceite.



Figura 14. Área de almacenamiento en el departamento de Almacén
Fuente: Elaboración Propia.



Figura 15. Tambores golpeados
Fuente: Elaboración Propia.

En lo que respecta al almacenamiento en los talleres, se encontraron algunos tambores sin tapa, expuestos al aire libre. Los equipos utilizados para la lubricación no son exclusivos para cada tipo de lubricante a utilizar, dicho de otra manera, son comunitarios y también, carecen de rotulación.

La entrega de los aceites a los talleres, cada vez que lo solicitan, se hace por medio de montacargas. Pero al momento de ejecutar un proceso de lubricación en

algún equipo se realizan procedimientos inadecuados, ya sea, por la carencia de equipos o desconocimiento de los técnicos, tales como:

- Utilizar herramientas que no fueron diseñadas para el trasvase y contenedores de materias lubricantes.
- Envases mal cerrados.
- Herramientas no se encuentran 100 % limpias.
- Falta de rotulación de lubricantes en los equipos y herramientas con los lubricantes a utilizar.

Estas fallas y otras más que se analizan durante la revisión de este documento, hace que aumente las posibilidades de contaminación del aceite antes de aplicarlo en los puntos de lubricación de las distintas máquinas. En las siguiente secuencia de figuras se observa los problemas antes descritos. La solución a estos problemas y otros más, se explican en los apartados de **manipulación de lubricantes** y en el **instructivo de lubricación** del presente documento, donde se da una serie de recomendaciones y el modo de realizar las diferentes tareas de lubricación, todo con la idea de mejorar el programa de lubricación.



Figura 16. Accesorios actuales para el cambio de lubricantes en equipos estacionarios

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 17. Área de lubricación en el Taller Mecánico
Fuente: Elaboración Propia.



Figura 18. Herramientas de lubricación del Taller Automotriz
Fuente: Elaboración Propia.



Figura 19. Bodega de almacenamiento de lubricantes en Taller automotriz
Fuente: Elaboración Propia.

9. ¿Con qué educación, entrenamiento y capacitación cuentan los técnicos que aplican la lubricación?

Se ha proporcionado una sola capacitación, a un recurso operativo que en realidad no hace las operaciones de cambio de lubricantes, ni se ha transmitido los conocimientos a los operarios que realmente, trabaja en el día a día, lo cual, permite intuir una mala asignación de las capacitaciones. Los técnicos cuenta con la experiencia que dan los años, pero, no precisamente, esa es la manera correcta de realizar los trabajos. Los diez técnicos cuentan con estudios de algún centro educativo en un grado técnico de mecánica industrial o automotriz.

10. ¿Cómo se manejan los lubricantes desechados?

El Taller Automotriz cuenta con un tanque en el cual van almacenando los aceites que se desechan y cuando se encuentra próximo a llenarse se comunican con la fábrica de cemento de HOLCIM para su disposición final en el horno. Este taller cuenta con mejores equipos tribológicos que el Taller Mecánico, esto hace que su trabajo sea más limpio.



Figura 20. Tanque de almacenamiento de aceites de desecho Taller Automotriz
Fuente: Elaboración Propia.

El Taller Mecánico cuenta con un tambor donde almacenan los lubricantes desechados, sin embargo, cuando éste se llena envían el desecho al tanque del Taller Automotriz. El tambor se encuentra a la intemperie y presenta derrames tal como se muestra en la figura 20.



Figura 21. Almacenamiento temporal de lubricante usado en el Taller Mecánico-Industrial
Fuente: Elaboración Propia.

11. ¿Cómo se realiza la selección de los lubricantes?

La selección de los lubricantes está a cargo del Departamento de Almacén, el cual, compra según, las especificaciones existentes en su base de datos, cuya información no está actualizada, debido a que faltan requerimientos de los lubricantes y en ocasiones hacen referencia a una marca en específico. A pesar de estas no conformidades, cabe aclarar que los lubricantes utilizados sirven para el fin que se requiere.

12. ¿Cómo se distribuyen los lubricantes del Almacén a los talleres?

El Departamento de Almacén cuenta con un montacargas, que traslada los tambores de un lugar a otro montados en tarimas. En el caso del Taller Automotriz, que se encuentra más distante, lo suben en un camión y lo descargan con montacargas al llegar a su destino.

Terminado las entrevistas se procedió a realizar el diagrama Ishikawa del proceso de lubricación actual.

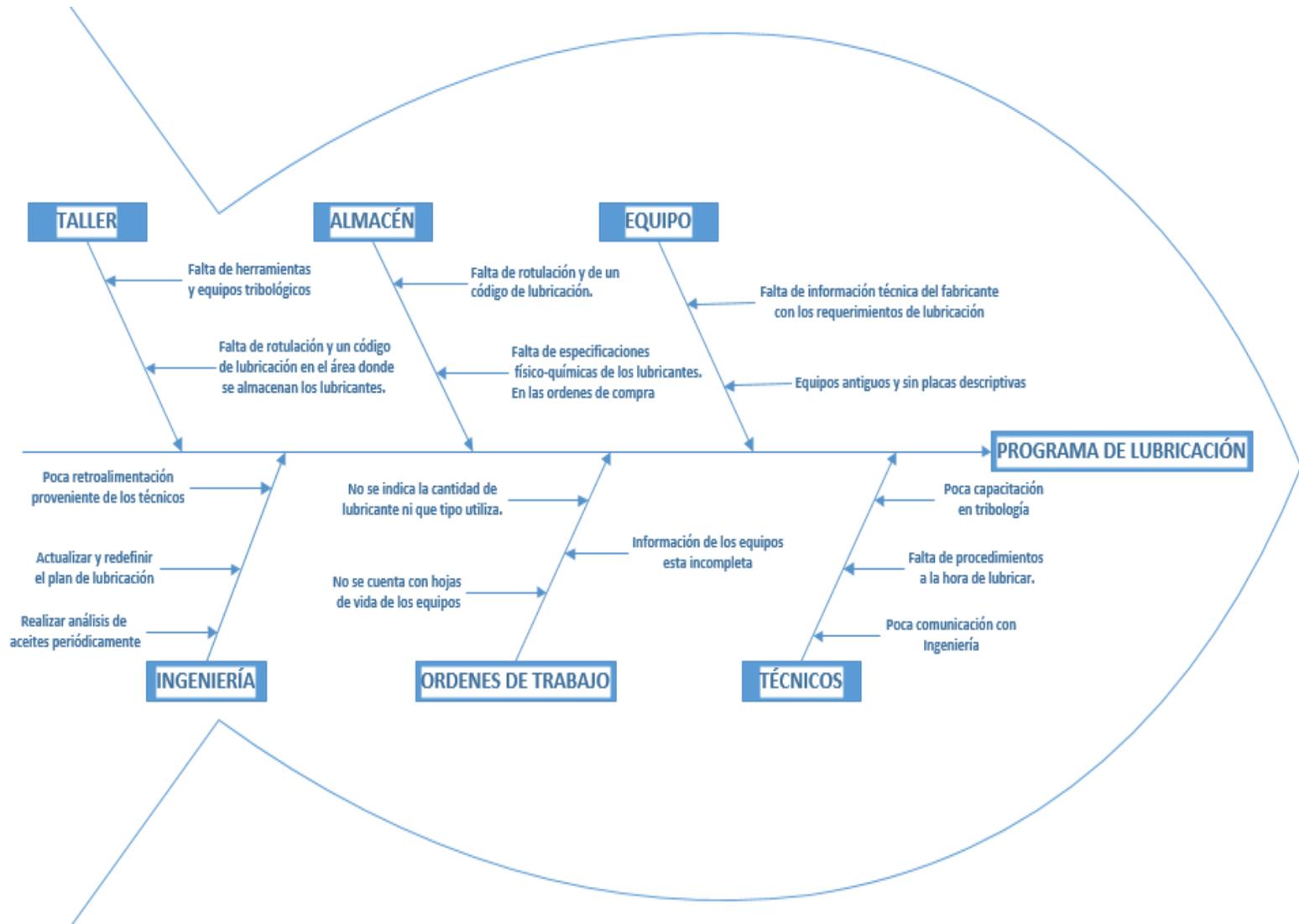


Figura 22. Diagrama causa efecto (Ishikawa) del Proceso de Lubricación actual
 Fuente: Elaboración Propia.

4.3. Auditoria del Plan de Lubricación del plantel

4.3.1. Inventario de las máquinas

Debido a la naturaleza del trabajo que se realiza en RECOPE y su gran tamaño como empresa, hace que el volumen de equipos utilizados para el desarrollo de sus funciones sean muchos y variados. Lo cual plantea la necesidad de determinar cuáles son las áreas críticas y de este modo enfocar nuestro proyecto en las de mayor importancia. Esto se debe a que no se cuenta con una biblioteca técnica y con los manuales de los equipos, lo que acarrea el generar una búsqueda de información por diferentes medios, como la consulta a proveedores e internet. Al formalizar esta búsqueda provoca un consumo de tiempo considerable, por lo consiguiente, no se puede realizar el levantamiento de las especificaciones de todos los equipos del plantel

Existen diferentes técnicas para dimensionar el riesgo, todas ellas enmarcadas en tres modalidades: técnicas cualitativas, semi-cuantitativas y cuantitativas. Para fines prácticos se utilizó la técnica cualitativa, que como su nombre lo indica, obedece a estimaciones de la probabilidad de ocurrencia de eventos y de sus respectivas consecuencias utilizando una escala relativa donde se establecen rangos numéricos explícitos. Una de las debilidades de esta técnica, es que debido a su naturaleza cualitativa, en ciertas ocasiones y dependiendo de la perspectiva de los analistas, un mismo evento podría ser categorizado en diferentes escalas; de allí la importancia de establecer cierto esquema referencial para definir en forma más explícita los diferentes niveles de probabilidades y consecuencias.

El agrupamiento de los equipos se efectúa siguiendo la estructura de ubicación del Departamento de Mantenimiento, y luego, gracias al ingeniero a cargo del programa de mantenimiento preventivo, se organizaron en seis grupos y depende del cumplimiento de la función o grupo de funciones que realiza el mismo para el plantel. Los grupos son los siguientes:

1. Ventas y Bombeo:

- a. Área de patio de operaciones
- b. Producto Negro – Cargaderos
- c. Producto Limpio – Cargaderos
- d. Producto Negro – Ferrocarriles
- e. Producto Negro – Emulsiones
- f. Área Cuarto de Calderas

2. Oficinas Administrativas:

- a. Departamento De Salud, Ambiente y Seguridad
- b. Dirección de Ventas y *Call Center*
- c. Laboratorio de Metrología
- d. Laboratorio Control de Calidad
- e. Mantenimiento – Antiguo patio
- f. Mantenimiento – Nuevo patio
- g. Soda Comedor
- h. Frente a Departamento de Servicio al Cliente
- i. Departamento de Almacén

3. Control Ambiental:

- a. Separadores.
- b. Sumideros.

4. Sistema Contra Incendios:

- a. Cuarto contra incendio Zona OE
- b. Cuarto contra incendio Zona SU
- c. Cuarto contra incendio Zona NO

5. Tanques:

- a. Área de Tanques.

6. Plantas de Emergencia:

- a. Departamento de Mantenimiento – Edificio nuevo

b. Área de Cuarto de Calderas

c. Terminal frente al Laboratorio de Control de Calidad

Para determinar lo crítico que se encuentran las áreas y la estimación del riesgo, se evalúan los siguientes 4 factores:

1. Velocidad de manifestación de la falla. Se requiere de analizar el tiempo que transcurre entre el momento en que se detecta la falla potencial y el momento en que ésta se transforma en funcional.
2. Seguridad del personal y del medio ambiente. Se dirige en evaluar las consecuencias que la falla podría ocasionar sobre las personas y su impacto sobre el medio ambiente.
3. Costos de paro de la producción. Permitted establecer criterios de categorización de los equipos, según, las consecuencias sobre el proceso de producción.
4. Costos de Reparación. Determinó los criterios de clasificación de las fallas de acuerdo a los costos directos de la reparación.

El valor relativo de cada uno de estos factores dependió de la peligrosidad de las actividades de la organización para las personas y el medio ambiente, así como del valor de los equipos que se utilizan para la realización de sus actividades económicas. Por lo tanto, para efectos de este proyecto, se sugirieron valores porcentuales según, la importancia que el Departamento en Mantenimiento considera adecuados para el momento.

Tabla 9. Criticidad área Ventas y Bombeo

Factores a Evaluar	Valor asignado VA(1 a 100)	Opciones	Ponderaciones (P)	Opciones Seleccionada	Valor ponderado (P*VA)
1.) Costos de paro de producción	40	1a) No implica demora en ventas y distribución.	0% del VA	1c	40
		1b) Implica demora leve.	60% del VA		
		1c) Implica demora, pérdida en ventas y producción.	100% del VA		
2.) Seguridad del personal y del medio ambiente	30	2a) Sin consecuencias.	0% del VA	2d	24
		2b) Efecto temporal sobre personas.	30% del VA		
		2c) Efecto temporal sobre personas y el medio ambiente.	80% del VA		
		2d) Efecto permanente sobre personas.	80% del VA		
		2e) Efecto permanente sobre personas y el medio ambiente	100% del VA		
3.) Velocidad de manifestación de la falla	20	3a) Período P-F muy corto.	100% del VA	3a	20
		3b) Período P-F corto.	50% del VA		
		3c) Período P-F suficiente.	20% del VA		
4.) Costos de reparación	10	4a) Solucionar el problema de manera óptima sin importar su costo, en el menor tiempo posible.	100% del VA	4a	10
		4b.) Solucionar el problema, se tiene más tiempo para la solución.	50% del VA		
		4c.) El equipo está fuera de funcionamiento, que no afectaría la producción.	0% del VA		
	$\Sigma = 100$			Ponderado total	94

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 10. Criticidad área Oficinas Administrativas

Factores a Evaluar	Valor asignado VA(1 a 100)	Opciones	Ponderaciones (P)	Opciones Seleccionada	Valor ponderado (P*VA)
1.) Costos de paro de producción	40	1a) No implica demora en ventas y distribución.	0% del VA	1b	24
		1b) Implica demora leve.	60% del VA		
		1c) Involucra demora, pérdida en ventas y producción.	100% del VA		
2.) Seguridad del personal y del medio ambiente	30	2a) Sin consecuencias.	0% del VA	2b	9
		2b) Efecto temporal sobre personas.	30% del VA		
		2c) Efecto temporal sobre personas y el medio ambiente.	80% del VA		
		2d) Efecto permanente sobre personas.	80% del VA		
		2e) Efecto permanente sobre personas y el medio ambiente	100% del VA		
3.) Velocidad de manifestación de la falla	20	3a) Período P-F muy corto.	100% del VA	3c	4
		3b) Período P-F corto.	50% del VA		
		3c) Período P-F suficiente.	20% del VA		
4.) Costos de reparación	10	4a) Solucionar el problema de manera óptima sin importar su costo, en el menor tiempo posible.	100% del VA	4b	5
		4b.) Solucionar el problema, se tiene más tiempo para la solución.	50% del VA		
		4c.) El equipo puede estar fuera de funcionamiento que no afecta la producción.	0% del VA		
	Σ= 100			Ponderado total	42

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11. Criticidad área Control Ambiental

Factores a Evaluar	Valor asignado VA(1 a 100)	Opciones	Ponderaciones (P)	Opciones Seleccionada	Valor ponderado (P*VA)
1.) Costos de paro de producción	40	1a) No implica demora en ventas y distribución.	0% del VA	1a	0
		1b) Implica demora leve.	60% del VA		
		1c) Implica demora, pérdida en ventas y producción.	100% del VA		
2.) Seguridad del personal y del medio ambiente	30	2a) Sin consecuencias.	0% del VA	2c	24
		2b) Efecto temporal sobre personas.	30% del VA		
		2c) Efecto temporal sobre personas y el medio ambiente.	80% del VA		
		2d) Efecto permanente sobre personas.	80% del VA		
		2e) Efecto permanente sobre personas y el medio ambiente	100% del VA		
3.) Velocidad de manifestación de la falla	20	3a) Periodo P-F muy corto.	100% del VA	3c	4
		3b) Período P-F corto.	50% del VA		
		3c) Período P-F suficiente.	20% del VA		
4.) Costos de reparación	10	4a) Solucionar el problema de manera óptima sin importar su costo, en el menor tiempo posible.	100% del VA	4b	5
		4b.) Solucionar el problema, se tiene más tiempo para la solución.	50% del VA		
		4c.) El equipo puede estar fuera de funcionamiento que no afecta la producción.	0% del VA		
	Σ= 100			Ponderado total	33

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 12. Criticidad área Tanques

Factores a Evaluar	Valor asignado VA(1 a 100)	Opciones	Ponderaciones (P)	Opciones Seleccionada	Valor ponderado (P*VA)
1.) Costos de paro de producción	40	1a) No implica demora en ventas y distribución.	0% del VA	1b	24
		1b) Implica demora leve.	60% del VA		
		1c) Implica demora, pérdida en ventas y producción.	100% del VA		
2.) Seguridad del personal y del medio ambiente	30	2a) Sin consecuencias.	0% del VA	2e	30
		2b) Efecto temporal sobre personas.	30% del VA		
		2c) Efecto temporal sobre personas y el medio ambiente.	80% del VA		
		2d) Efecto permanente sobre personas.	80% del VA		
		2e) Efecto permanente sobre personas y el medio ambiente	100% del VA		
3.) Velocidad de manifestación de la falla	20	3a) Periodo P-F muy corto.	100% del VA	3c	4
		3b) Período P-F corto.	50% del VA		
		3c) Período P-F suficiente.	20% del VA		
4.) Costos de reparación	10	4a) Solucionar el problema de manera óptima sin importar su costo, en el menor tiempo posible.	100% del VA	4b	5
		4b.) Solucionar el problema, se tiene más tiempo para la solución.	50% del VA		
		4c.) El equipo puede estar fuera de funcionamiento que no afecta la producción.	0% del VA		
	Σ= 100	Ponderado total			63

Fuente: Elaboración Propia.

Resultado y discusión de la criticidad

El resultado obtenido gracias a la evaluación y ponderación de los cuatro factores tomados en cuenta para este análisis cualitativo de la criticidad, dio un panorama muy general de los equipos relevantes que se ingresaron al plan de lubricación que se quiere implementar en la organización (ver tabla 12). Las ponderaciones podrían ser cambiadas dependiendo de la perspectiva de cada persona, no obstante, para este caso el mayor peso sobre la criticidad (40/100) es para los costos de producción, debido a que si la empresa no es rentable y genera sus propios recursos debe de cerrar.

Además, el segundo factor es la seguridad del personal y del medio ambiente, ya que, es un factor importante dentro del contexto del tipo de materia prima con la cual se trabaja, asimismo, que es muy contaminante para el medio ambiente y dañino para la salud.

El tercer factor en importancia es la velocidad de manifestación de la falla. Esta asignación se basó en considerar los posibles efectos catastróficos, ante la imposibilidad de predecir la falla mediante una técnica predictiva, cuando ésta aparece repentinamente.

Como último factor evaluado es el de los costos de la reparación, el cual, no deja de ser relevante, por el impacto que tiene sobre el presupuesto de mantenimiento, pero que respaldado con un muy buen plan de mantenimiento preventivo y predictivo se obtiene mitigar su impacto y probabilidad. En caso que se presente alguna falla, ésta se considera como algo mayor y que no se puede prever.

Para los sistemas de emergencia no se utilizaron los mismos criterios de evaluación de la criticidad, esto se debió a que son equipos que por su naturaleza deben entrar a trabajar de forma repentina e inesperada, por lo cual, es pertinente se encuentren siempre en buen estado y disponibles con el fin de garantizar una

intervención inmediata cuando se requiera su utilización. Esto hizo que los sistemas contra incendio y plantas eléctricas se consideren con una criticidad alta.

Tabla 13. Resultados de la criticidad según, el área

Criticidad	Ventas y Distribución	Oficinas Administrativas	Control Ambiental	Área de tanques
Alta (Ponderación total > 90%)	X (94)			
Media (Ponderación total entre 50% y 90%)				X (63)
Baja (Ponderación total < 50%)		X (42)	X (33)	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 14. Resumen de evaluación de Criticidad

	Criticidad
Ventas y distribución	Alta
Control Ambiental	Baja
Oficinas Administrativas	Baja
Área de Tanques	Media
Sistemas Contra Incendios	Alta
Plantas Eléctricas	Alta

Fuente: Elaboración Propia.

El poco tiempo con el que se cuenta para la elaboración del presente proyecto, no permite realizar un estudio completo de todos los equipos del plantel El Alto. Es por este motivo que sólo se da prioridad a los elementos que pertenecen a las áreas críticas altas que se observan en la Tabla 13.

De acuerdo a la selección de los equipos, construida con base en los criterios planteados para definir su criticidad dentro del Plantel El Alto, se obtuvo el siguiente inventario de equipos estacionarios.

Tabla 15. Inventario de equipos estacionarios

Equipo	Cantidad
Bombas	55
Motor de combustión	10
Reductores	16
Motores eléctricos.	49
Generadores	1

Fuente: Elaboración Propia.

En referencia a la flota vehicular liviana, ésta se compone de un total de 37 vehículos, de los cuales, sólo se trató en este proyecto lo referente al tipo de aceite que utilizarán en el motor, transmisión manual, transmisión automática, caja de transferencia y diferenciales delanteros y traseros.

Tabla 16. Inventario de flota vehicular

Vehículo	Cantidad	Combustible	
		Diésel	Gasolina
Sedan	5	----	5
Pick Up	29	25	4
Todo Terreno	3	2	1

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.2. Documentación técnica de los equipos

A pesar de contar con un sistema que lleva la información de cada uno de los equipos (System Analyse and Program, SAP), la integridad de la información se encuentra comprometida por los cambios de software para la gestión del mantenimiento. El departamento de Mantenimiento aporta una base de datos en Excel, la cual, en la mayoría de los casos no cuenta con información relevante como marca, modelo, año de ingreso, etc. Es de mencionar también, que RECOPE no cuenta con la costumbre de llevar la hoja de vida de los equipos, por lo tanto no se puede saber con certeza las fallas más comunes de la maquinaria en el Plantel El Alto.

Por lo antes descrito, se procedió con la recopilación de información técnica relevante de los equipos estacionarios seleccionados según el análisis de criticidad y de los vehículos livianos. Primero se tomaron fotografías de cada equipo y sus datos de placa, gracias a esta información se completaron los datos faltantes de marca y modelo, que en gran parte no se presentaban o en ocasiones estaban mal escritos en la base de datos que entrego RECOPE S.A.. Seguidamente, se inició la búsqueda de los manuales técnicos y en algunos casos de la consulta con los proveedores de los equipos. Este proceso de búsqueda de información y toma de fotografías represento una considerable cantidad de tiempo de trabajo.

En este proyecto se escogió consultar a los catálogos y manuales del fabricante de los equipos para determinar el tipo de aceite que recomiendan, ya que representan la fuente más confiable, y adicionalmente se disminuye el margen de error por la selección inadecuada del lubricante. La información recopilada, fue ordenada primero por el número de conjunto y dentro de cada conjunto se colocaron sus componentes igualmente por número y marca del equipo.



Figura 23. Organización de expedientes técnicos de los equipos en estudio.
Fuente: Elaboración Propia.

4.3.3. Puntos de lubricación

Los puntos de lubricación de cada equipo no se encuentran cuantificados ni identificados, sólo aparecen nombrados por la Orden de Trabajo (OT), dejando la responsabilidad de la identificación y aplicación al técnico que se le asigne la orden de trabajo.

Es importante identificar todos los puntos de lubricación con los cuales cuentan las máquinas, los cuales se localizaron por medio de sus manuales, comprobación e identificación visual de las mismas. Los puntos de lubricación serán los lugares donde se aplicará la lubricación, por ende debe la OT contar como mínimo con las siguientes características:

- Número de puntos.
- Capacidad del lubricante.
- Tipo del lubricante.
- Frecuencia de lubricación.
- Tipo de intervención (cambio de aceite o grasa, análisis, purga, reengrase).
- Forma de aplicación.
- Taller que realiza la lubricación

La capacidad del lubricante, así como el tipo de lubricante a utilizar son las dos características con las cuales actualmente no cuentan las órdenes de trabajo que se generan por medio del sistema SAP, por lo tanto fueron incluidos en las hojas de Excel que se entregaron al finalizar este del proyecto (véase anexo1 donde se presenta un ejemplo de orden de trabajo). A continuación, se muestran algunos puntos de lubricación de equipos estacionarios del plantel El Alto.

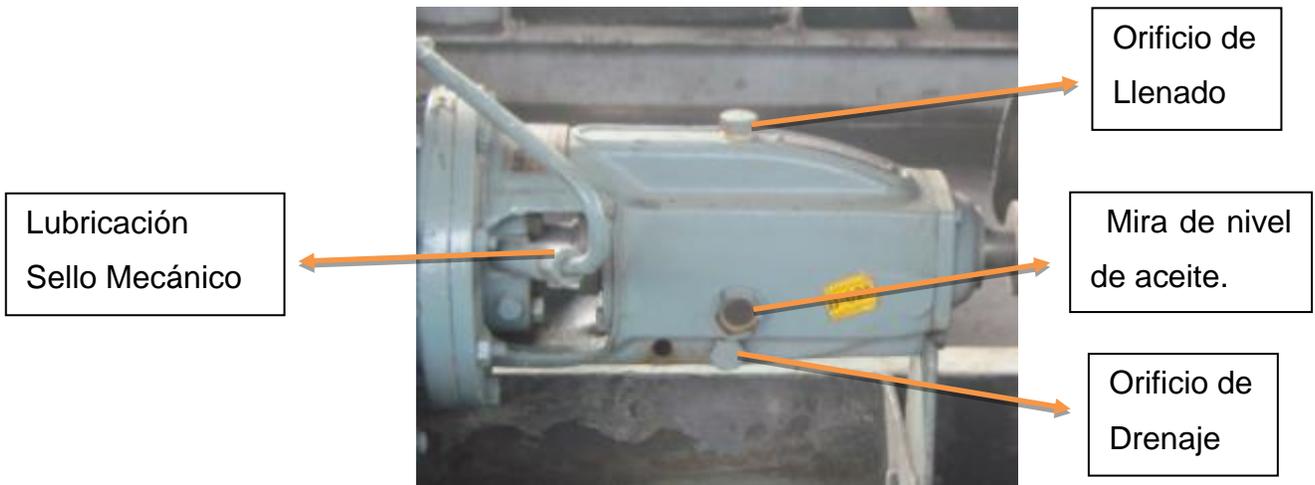


Figura 24. Puntos de lubricación de bomba centrífuga, soporte de rodamientos
 Fuente: Elaboración Propia.

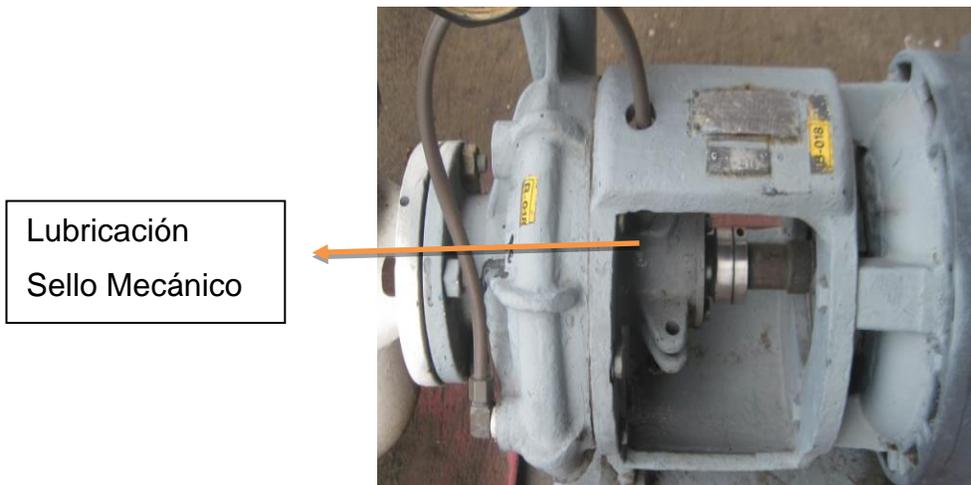


Figura 25. Lubricación de sello mecánico de una Moto-Bomba centrífuga
 Fuente: Elaboración Propia.

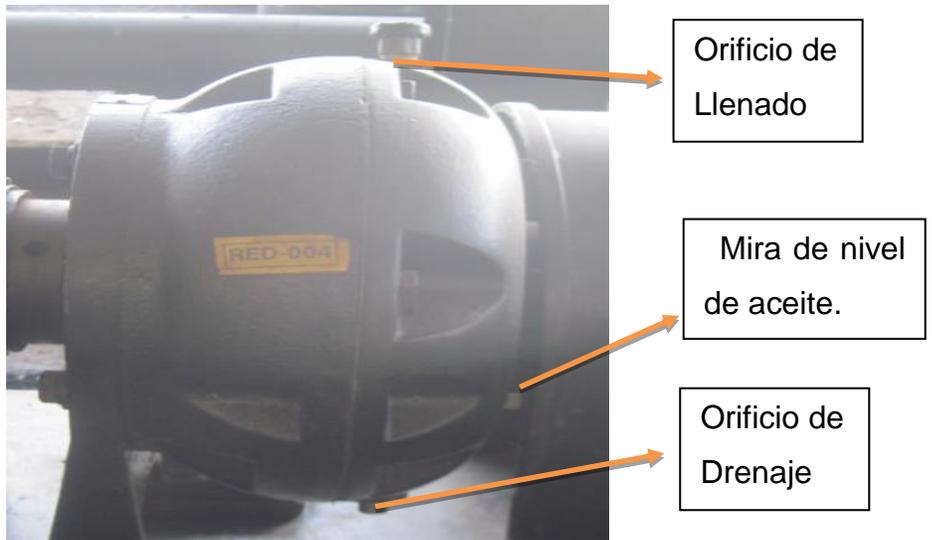


Figura 26. Puntos de lubricación de un reductor de engranajes
Fuente: Elaboración Propia.

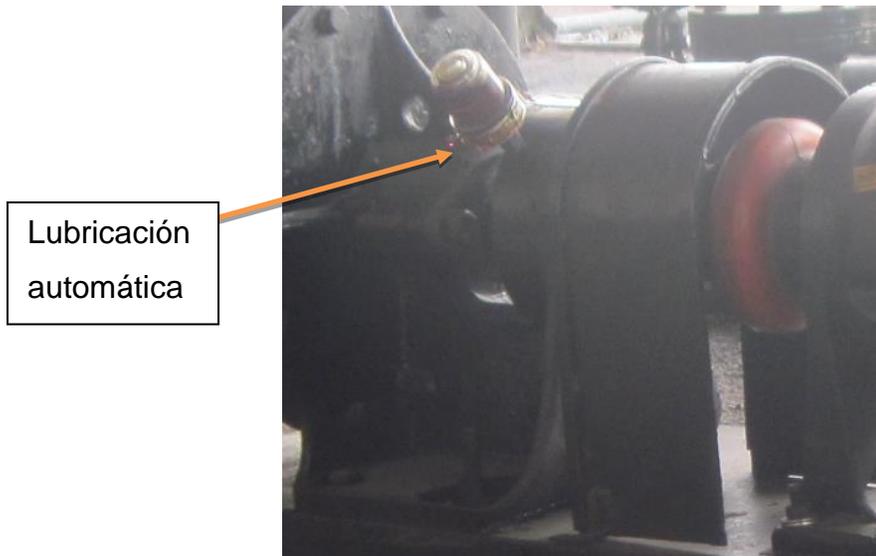


Figura 27. Punto de lubricación lubricado por grasera automática
Fuente: Elaboración Propia.



Figura 28. Puntos de lubricación de un motor eléctrico
Fuente: Elaboración Propia.



Figura 29. Lubricación de un acople de cadena (falta protección)
Fuente: Elaboración Propia.

4.3.4. Fichas técnicas de los lubricantes utilizados

Los lubricantes utilizados en el plantel El Alto, se puede decir que cuentan con 2 especificaciones, una son los requerimientos mínimos que el Departamento de Almacén solicita a los proveedores y otra es la del producto que se compra. En el caso de este proyecto, se enfocó en las características mínimas de especificación del lubricante que realiza este departamento. Estas propiedades se establecen para

controlar la calidad de los lubricantes y determinar su comportamiento para la aplicación requerida.

Las características que se muestran son tal y como aparecen las bases de datos del Departamento de Almacén. En otras palabras, cuando se ocupa comprar un lubricante esta especificación es la que se envían a los proveedores para que coticen sus productos.

La recomendación que realiza este proyecto para las nuevas especificaciones de las características físico-químicas de los aceites y grasas se encuentran en el apéndice 1.

1. Área mecánica industrial

- Grasa para alta temperatura

Tabla 17. Especificaciones técnicas para grasas de alta temperatura

Características	Valores
Suplemento de inhibidores de la espuma	SI
Propiedades de presión extrema	SI
Disulfuro de molibdeno	SI
Resistencia a la oxidación	SI
Perfeccionadores de la estabilidad mecánica	SI
Inhibidores de la oxidación	SI
Aceites base	Mineral
Gravedad específica (ASTM D-1298) 15° (60°F)	0.9365
Índice de viscosidad (ASTM D-2270)	100-140
Penetración trabajada 77°F, cono 150 grm (ASTM D-217)	275 305
Prueba TIMKEN carga lbs	40
Grado NLGI	2
Variación de la temperatura de funcionamiento	°C (°F) -20 a 232 (-6 a 450)
Límite superior temperatura	200°C

Fuente: Departamento de Almacén de RECOPE (2015).

Uso: cargaderos de bunker y asfalto.

- Grasa para Rodamientos

Tabla 18. Especificaciones técnicas de grasa para rodamientos

Características	Valores
Consistencia	NLGI 2.5 a 3
Temperatura de operación	-30 a 120 °C
Tipo de base	Litio

Fuente: Departamento de Almacén de RECOPE (2015).

Referencia:

- Igual o superior en calidad a las marcas: ARCANOL DE FAG. GRT3CC DE TIMKEN, SKF, STA-LUBE.
- Tipo de embalaje: presentaciones de 1 a 5 kilogramos máximo.
- Uso específico: rodamientos en autos y camiones.

➤ Grasa multipropósito

Tabla 19. Especificaciones técnicas para grasa multipropósito

Características	Valores
Consistencia	NLGI 2
Punto de Goteo °C ASTM D2265	280 °C
Penetración a 25 °C	60
STROKES ASTM D217	270-299
Prueba TIMKEN	25 kg mínimo
Tipo de Jabón	Litio

Fuente: Departamento de Almacén de RECOPE (2015).

Referencias:

- Igual o superior en calidad a las marcas AF-200 PROLAB, LITHIUM, GENERAL PURPOSE, GRASE 3310, 613 CHESTERTON, PHILLIPS-66.
- Uso: Muñoneras en abanicos de calderas y hornos.

➤ Aceite Industrial ISO 68.

Tabla 20. Especificaciones técnicas para aceite industrial ISO 68

Características	Valores
Punto de Inflamación °C	230 - 250
Viscosidad cSt 40°	60 - 80
Viscosidad cSt 100°	8 - 9
Índice de Viscosidad	90 - 100
Color Visual según norma vigente	-----
Punto de Fluidez °C (°f)	-33 °C (-27°f) máximo
Punto anilina	200 a 250

Fuente: Departamento de Almacén de RECOPE (2015).

2. Área automotriz

➤ Aceite de motor combustión diésel

Tabla 21. Especificaciones técnicas para aceite de motor diésel

Características	Valores
Grado SAE	15W-40
Índice viscosidad	134 - 142
Viscosidad cSt a 40 °C	104 - 121
Viscosidad cSt a 100 °C	14-16
Punto de inflamación °C	235 – 250
Cenizas sulfatadas	0.1 -1
Servicio API mínimo	CI - 4

Fuente: Departamento de Almacén de RECOPE (2015).

Referencias.

- Igual o superior en calidad a la marca: MOVIL DELVAC 1300 SUPER 15W-40, PHILLIPS-66.

➤ Aceite de motor combustión gasolina.

Tabla 22. Especificaciones técnicas para aceite de motor gasolina

Características	Valores
Grado SAE	15W-40
Índice viscosidad	136 - 162
Viscosidad cSt a 40 °C	95 - 105
Viscosidad cSt a 100 °C	14-16
Punto de inflamación °C	195 - 300
Cenizas sulfatadas	0.1 -1.2
Servicio API.	SM, SL o SJ
TBN	5 – 8.5

Fuente: Departamento de Almacén RECOPE (2015).

Referencias

- Igual o superior en calidad a la marca: ESSO ULTRA 10W-40, PHILLIPS-66.
- Aceite Genuino marca CATERPILLAR.
 - Uso: generador modelo 3512 y 3516 CATERPILLAR UG-508, 509, 510 y el 511.r CATERPILLAR
 - Motor CATERPILLAR de bomba contra incendio DP-801K.
- Aceite de caja de transmisión y diferenciales.

Tabla 23. Especificaciones técnicas para aceite de cajas de transmisión, diferenciales y reductoras

Características	Valores
Grado SAE	80W-90
Índice viscosidad	90 - 110
Viscosidad cSt a 40 °C	136-155
Viscosidad cSt a 100 °C	14-16
Punto de inflamación °C	210 - 240

Fuente: Departamento de Almacén de RECOPE (2015).

Referencias:

- Igual o superior en calidad a la marca OBILUBE HD PLUS 80W-90.
- Uso en cajas de transmisión y de diferenciales.

4.3.5. Métodos de lubricación

Los métodos de lubricación son los encargados de hacer que llegue el lubricante a los diferentes elementos que así lo necesiten. Los sistemas de lubricación utilizados en el Plantel El Alto son los siguientes.

1. Lubricación manual. La grasa o aceite es aplicado directamente sobre los elementos que lo requieran con la ayuda de una brocha, espátula y embudo. Utilizado en lubricación de cadenas y mecanismos de transmisión abierta, como se evidencia en la figura 29.

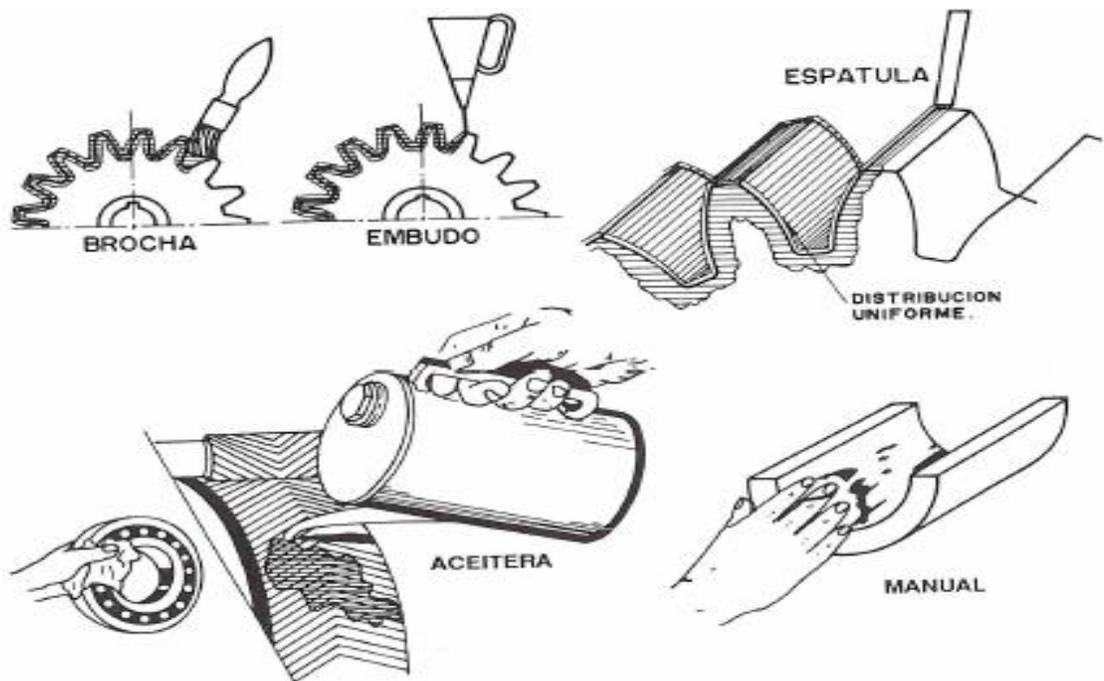


Figura 30. Modos de lubricación manual
Fuente: Albarracín (2006)

2. Lubricación por salpique. En este caso, uno o varios de los mecanismos se sumergen parcialmente en el aceite y lo salpican hacia todas las partes internas que conforman el equipo, tal como se muestra en las siguientes figuras.

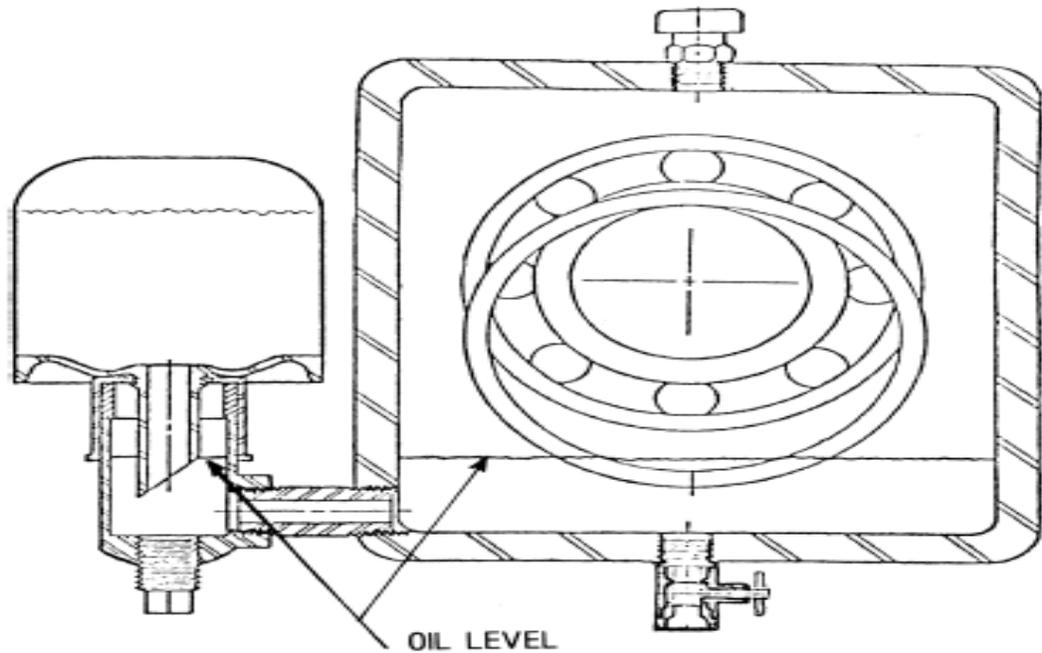


Figura 31. Rodamientos lubricados por salpique
 Fuente: Albarracín (2006)

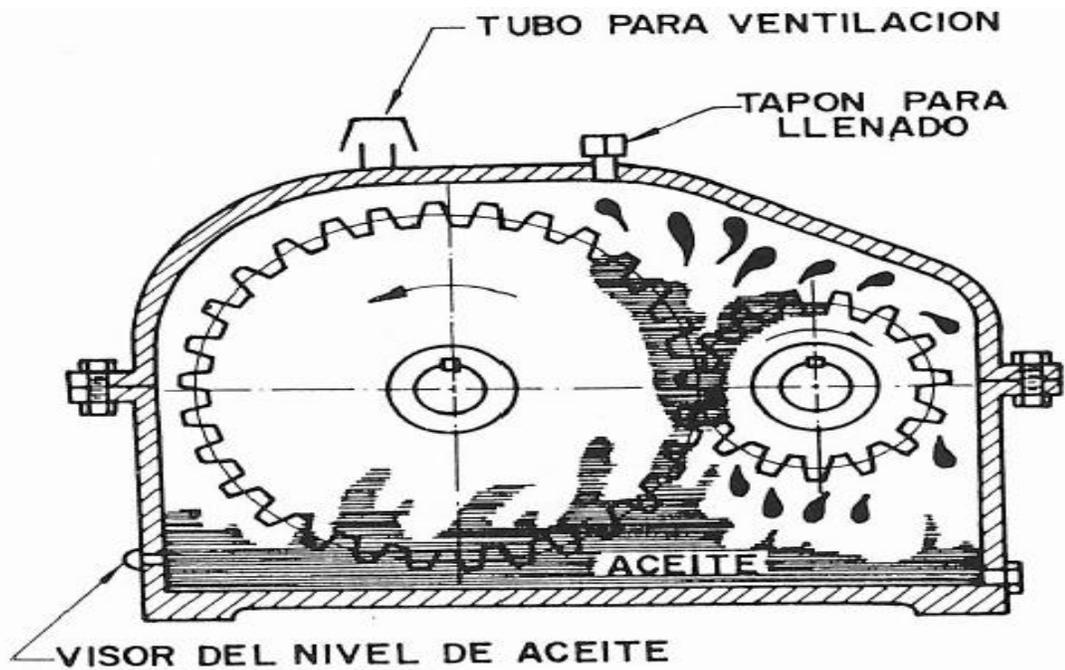


Figura 32. Reductores lubricados por salpique
 Fuente: Albarracín (2006)

3. Aplicación manual. Sistema por grasera. Es la aplicación de grasa por presión con inyectores, bombas de pedal o portátiles, a través de graseras o boquillas. Se utiliza en los rodillos, soportes y poleas.

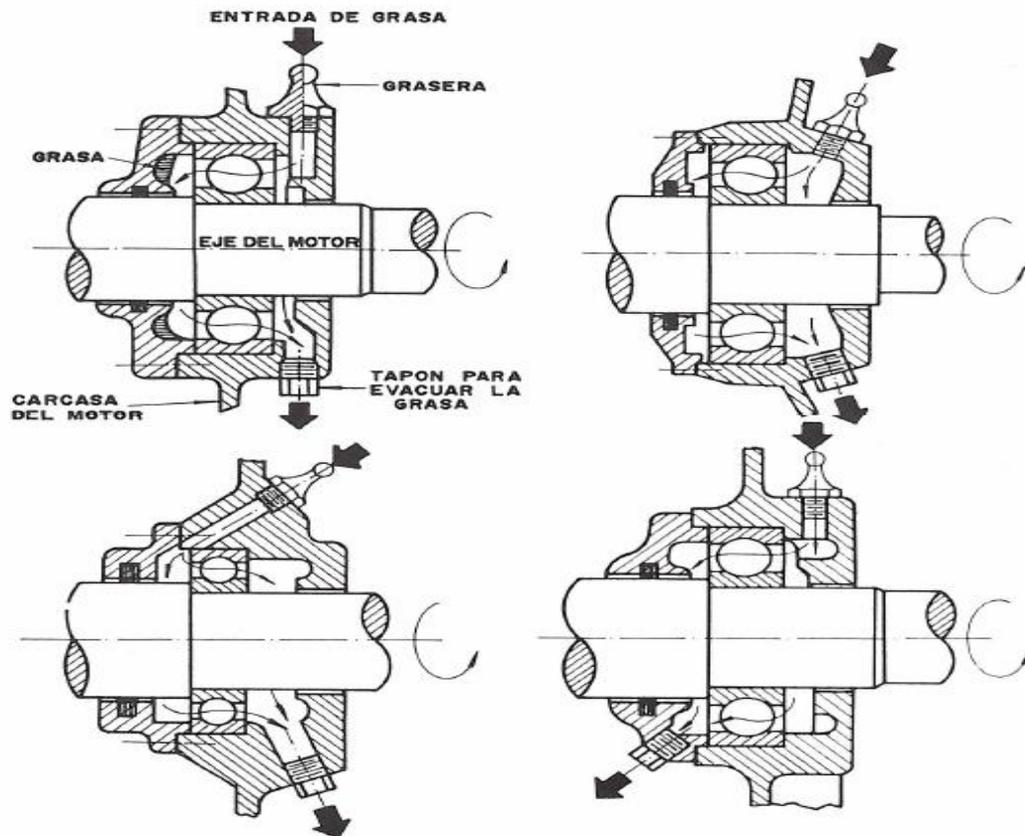


Figura 33. Lubricación por grasera para rodamientos
Fuente: Albarracín (2006)

4.3.6. Frecuencia de lubricación

La determinación del período de cambios de aceites está en función de las indicaciones de los manuales de los fabricantes de los equipos y vehículos. Los equipos de emergencia cambian sus lubricantes cada 180 días y el resto de los equipos estacionarios lo cambian cada trimestre. En el caso de la flota vehicular los cambios se realizan cada cinco mil kilómetros debido a que el lubricante es semisintético. Para aumentar los lapsos entre recambios, es necesario, utilizar un programa de análisis de aceites, aspecto que se discutirá más afondo en el punto 4.4.4 que trata sobre análisis de aceite.

4.3.7. Fortalezas y debilidades en el proceso de la lubricación actual

Para dar forma al diagnóstico realizado, y plasmar el estado real del plan de lubricación, se evaluaron ocho aspectos que van de la mano al éxito del mismo.

1. Estandarización: se refiere a la información técnica de lubricantes con que cuenta los Talleres de Mantenimiento-Industrial, Automotriz y el Departamento de Almacén, además, de los criterios técnicos para las adquisiciones de los mismos.
2. Almacenamiento y control del inventario: en este rubro se evalúa todos los aspectos relacionados con el manejo de lubricantes, en cuanto a: identificación de recipientes, codificación, sitios de almacenamiento, etc.
3. Entrenamiento: se investiga si el personal cuenta o ha contado con algún tipo de entrenamiento en lubricación.
4. Administración del programa: se evalúa la forma en que se ha venido administrando el programa de lubricación de vehículos y maquinarias.
5. Procedimientos y documentación: se estudia si el Taller Mecánico-Industrial y el Taller Automotriz cuentan con procedimientos definidos para el muestreo de aceites, control de horímetros, kilometrajes, colillas de mantenimiento, etc.
6. Análisis de lubricantes: en este rubro se valora el estado del proceso de análisis de lubricantes, desde el momento en que se tomó la muestra hasta que es enviada al laboratorio.
7. Calidad de servicio: se tomaron en cuenta los puntos relacionados con brindar un servicio de lubricación de calidad.
8. Seguridad: en este rubro se contemplan los diferentes ítems en materia de seguridad ocupacional existentes en la organización.

Los datos obtenidos a partir de las preguntas realizadas al personal, se resumieron por categoría para obtener valores porcentuales para cada una y así identificar los pilares, en los cuales, enfocar los esfuerzos destinados a mejorar (Ver Anexo 2).es preciso indicar que en la empresa un único programa de lubricación,

solo que es ejecutado, dependiendo el caso, por el taller que corresponda, no obstante en la categoría de almacenamiento y control de inventarios, el Taller Automotriz cuenta con mejores herramientas e infraestructura que el Taller Mecánico. En referencia al taller Eléctrico solo aplica grasa, por lo cual, no es considerado en este análisis.

Tabla 24. Resultados del diagnóstico para el Taller Mecánico

Pilar	Porcentaje obtenido
Estandarización	6.9
Almacenamiento y control de inventarios	6.2
Entrenamiento	1.3
Administración del Programa	2.5
Procedimiento / Documentación	0
Análisis de lubricantes	0
Calidad del servicio	4.3
Seguridad	6

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Resultados del diagnóstico para el Taller Automotriz

Pilar	Porcentaje obtenido
Estandarización	6.9
Almacenamiento y control de inventarios	7.6
Entrenamiento	1.3
Administración del Programa	2.5
Procedimiento / Documentación	0
Análisis de lubricantes	0
Calidad del servicio	4.3
Seguridad	6

Fuente: Elaboración propia.

Los valores anotados están ligados a un porcentaje de cumplimiento que va desde 0 hasta el 10, y los mismos se interpretan tal y como se aprecia en las siguientes figuras. En este caso, los resultados que se encuentran van entre cero y cuatro, requieren una acción inmediata para su implementación y desarrollo, los resultados mayores a cuatro y menores o iguales a siete significan que están implementados

pero falta desarrollo, y los mayores a siete cumplen con los estándares. Es aconsejable realizar este proceso anualmente y si fuera el caso agregar nuevos pilares.

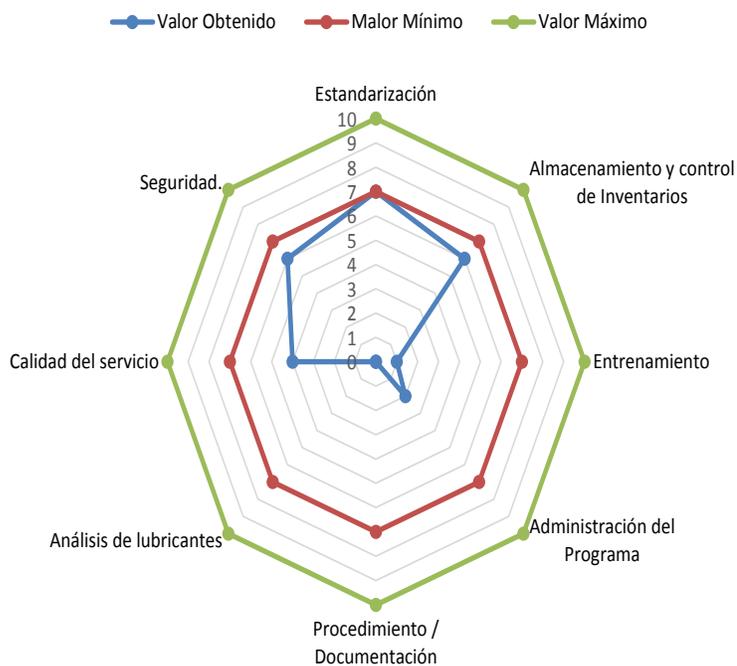


Figura 34. Evaluación del Proceso de lubricación del Taller de Mecánica-Industrial
Fuente: Elaboración propia.

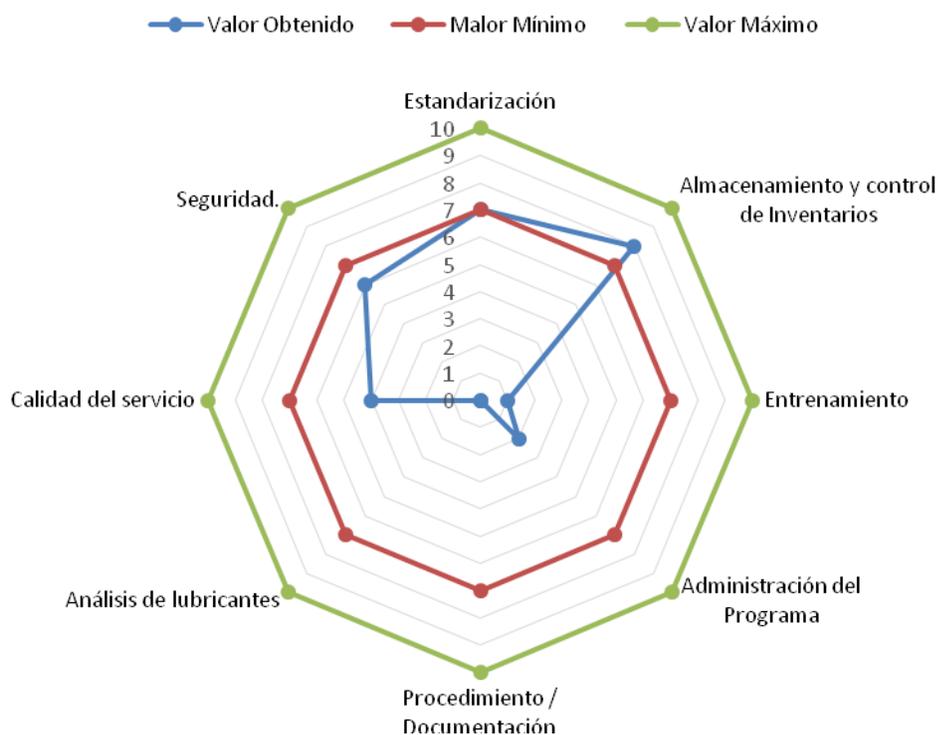


Figura 35. Evaluación proceso de lubricación actual del Taller Automotriz
Fuente: Elaboración propia.

4.4. Consolidación de lubricantes

Todo diseño de un programa de lubricación debe constantemente, ser revisado y escribir nuevas especificaciones de lubricantes para encontrar oportunidades de reducir el tamaño de la lista de lubricantes. Este ejercicio ayuda a eliminar un número de productos superfluos, y a la vez agilizar sus procesos de compra, almacenamiento y manejo de lubricantes.

Para este proyecto y gracias a los manuales técnicos de los fabricantes, se ha determinado el tipo de producto que usa cada máquina y vehículo. Si no se hubiera hecho primero la conformación de la base de datos con esta información el proceso sería un fracaso.

El plantel El Alto cuenta con una consolidación de lubricantes, pero, como se observa en el apartado de fichas técnicas de los lubricantes, sus especificaciones

físico-químicas carecen de referencias precisas. La práctica de una buena especificación consume tiempo, pero a corto plazo es mejor hacerlo, ya que, señalar una marca en específico que puede que traiga problemas futuros como:

- Que el producto salga del mercado.
- Que el proveedor cierre operaciones.
- Que no se oferten a los mejores precios.
- O simplemente, sé deba cambiar el producto utilizado o de proveedor.

Para el propósito de la consolidación de lubricantes se utilizarán los estándares NLGI, ISO, ACEA y SAE y aplicándolas al caso que así lo amerite. Es importante, aclarar que estos estándares solo clasifican la viscosidad de los aceites y no tiene nada que ver con su calidad.

En el caso de los métodos de ensayo para garantizar la calidad de los aceite se basará en ASTM, API y ACEA, los cuales, garantizan el comportamiento esperado del lubricante. Las pruebas son realizadas por laboratorios acreditados y debidamente certificados, que emitan documentos donde se manifiesten los resultados aprobatorios de éstas. Estos documentos indicaran el origen y calidad de los aceites básicos, los aditivos y su nivel de tratamiento y las características solicitadas en cada especificación físico-química

Para los ensayos se adoptan las últimas ediciones vigentes de las siguientes Normas ASTM en idioma inglés y la traducción:

- ASTM D-92: “Standard Test Method for Flash and Fire by Cleveland Open Cup” (Método de Prueba Estándar para el Punto de Inflamación y Fuego por el Probador Cleveland de Copa Abierta. Es un método de prueba dinámica y depende de las tasas definidas de aumento de la temperatura para controlar su precisión. Se utiliza para determinar el punto de fuego ,el cual, es un poco mayor al punto de inflamación. La combustión del aceite, mediante la llama

piloto, es de al menos cinco segundos, se dice que el aceite ha alcanzado el punto de combustión.

- ASTM D-93: “Standard Test Method for Flash-Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester” (Método de Prueba Estándar para el Punto de Inflamación por el Probador Pensky-Martens de Copa Cerrada). El punto de ignición o punto de inflamación de una materia combustible se refiere al conjunto de condiciones físicas (presión y temperatura) necesarias para que la sustancia empiece a arder y se mantenga la llama sin necesidad de añadir calor exterior.
- ASTM D-97: “Standard Test Method for Pour Point of Petroleum Products” (Método de Prueba Estándar para el Punto Escurrimiento para Productos de Petróleo). Cuando el aceite deja de fluir y se hace sólido.
- ASTM D-664: “Standard Test Method for Acid Number of Petroleum Products by Potentiometric Titration” (Método de prueba estándar para Ácido Número de Productos de Petróleo por valoración potenciométrica). Es una medida de la cantidad de sustancias ácidas en el petróleo, El índice de acidez es utilizado como guía de control de calidad del aceite lubricante. Entre mas alto el valor de este número, mas protección se tendrá contra la corrosión.
- ASTM D-4052 “Standard Test Method for Density, Relative Density, and API Gravity of Liquids by Digital Density Meter” (Método de prueba estándar para Densidad, Densidad Relativa y API Gravedad de Líquidos por Medidor de Densidad Digital). Determinación de la densidad o densidad relativa del petróleo y sus derivados es necesario para la conversión de volúmenes a la temperatura estándar de 15 ° C.
- ASTM D-1298 “Standard Test Method for Density, Relative Density, or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method” (Método de prueba estándar para la densidad, densidad relativa, la gravedad API del petróleo crudo y Productos de Petróleo líquido por el Método de Hidrómetro). La determinación precisa de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) o gravedad API de los productos derivados del petróleo es necesario, y , para la conversión de volúmenes medidos a

volúmenes o masas, o ambos, a la temperatura de referencia estándar de 15 °C.

- ASTM D-445: “Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (the Calculation of Dynamic Viscosity)” (Método de Prueba Estándar para Viscosidad Cinemática de Líquidos Opacos y Transparentes (Cálculo de la Viscosidad Dinámica)). La viscosidad de muchos combustibles derivados del petróleo es significativo para la estimación de almacenamiento óptima, la manipulación, y las condiciones operativas. Por lo tanto, la determinación precisa de la viscosidad es esencial para muchas especificaciones del producto.
- ASTM D-4683 “Standard Test Method for Measuring Viscosity of New and Used Engine Oils at High Shear Rate and High Temperature by Tapered Bearing Simulator Viscometer at 150 °C”.(Método de prueba estándar para medir la viscosidad de aceites nuevos y usados en la alto cizallamiento y alta temperatura por un viscosímetro cónico a 150 ° C). Valores de viscosidad en la velocidad de cizallamiento y temperatura de esta prueba indican cómo están relacionadas con la viscosidad que proporciona una buena lubricación hidrodinámica en los motores. También, esta relación indica los efectos en la eficiencia sobre el combustible.
- ASTM D-892: “Standard Test Method for Foaming Characteristics of Lubricating Oil” (Método de Prueba Estándar para Características de Espumación en Aceites Lubricantes). La tendencia de los aceites a la espuma puede ser un problema serio en sistemas como el engranaje de alta velocidad, el bombeo de alto volumen y lubricación por inmersión. Lubricación inadecuada, la cavitación, el desbordamiento y la pérdida de lubricante puede conducir a un fallo mecánico.
- ASTM D-1298: “Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method” (Método de Prueba Estándar para Densidad,

Densidad Relativa (Gravedad Específica), o Gravedad API de Petróleo Crudo y Productos Líquidos de Petróleo por el Método del Hidrómetro).

- ASTM D-2896: “Standard Test Method for Base Number of Petroleum Products by Potentiometric Perchloric Acid Titration”(Método de prueba estándar para la Número Base de productos derivados del petróleo por potenciométrica ácido perclórico Titration). La reserva alcalina es muy importante, porque esta actúa protegiendo a los equipos de los ácidos que se pueden producir durante la combustión.
- ASTM D-2270: “Standard Practice for Calculating Viscosity Index from Kinematic Viscosity at 40 and 100°C (Práctica Estándar para Cálculo del Índice de Viscosidad: a partir de la Viscosidad Cinemática a 40 y 100°C). La elevación de la viscosidad puede ser muy elevado o reducido, por ello se utiliza u sistema que determina el valor de esa modificación de la viscosidad de un lubricante en función de la temperatura.
- ASTM D-2622: “Standard Test Method for Sulfur in Petroleum Products by X-Ray Spectrometry” (Método de Prueba Estándar para Azufre en Productos de Petróleo por Espectrometría de Rayos X). La calidad de muchos productos derivados del petróleo está relacionado con la cantidad de azufre presente. El conocimiento de la concentración de azufre. Hay regulaciones locales e internacionales que restringen la cantidad de azufre presente en los combustibles.
- Prueba TIMKEN: Pretende medir la capacidad de carga de los lubricantes. La prueba indica a que carga en libras se produce un nivel de desgaste inadecuado o peligroso, mientras mayor sea la carga Timken, mayor será la calidad del lubricante.
-

El mecanismo de especificación parte de los elementos más generales con los que cuenta la planta, y poco a poco se analizaron cada uno de los elementos hasta llegar a los equipos más específicos. El medio de operación y ambiente es muy

semejante en todos los equipos, ya que, se encuentran en una estructura bajo techo pero abierta al exterior. Los catálogos de los equipos sólo especifican la viscosidad del aceite en norma ISO o SAE, y con respecto a las grasas su grado NLGI. En algunos casos se conviene, una marca específica de lubricante, lo que provocó la búsqueda de la hoja técnica para revisar su especificación.

En el caso de los aceites industriales, la recomendación que se brinda está orientada hacia la selección del grado ISO del aceite, en función de la temperatura de operación del mismo en el equipo y de la temperatura ambiente.

Para la selección de la grasa de uso tanto en el Taller Mecánico-Industrial, Automotriz y Eléctrico, se basó en un grado de consistencia NLGI según, lo ameritaba cada uno de ellos, ya que, en el caso de ambientes eléctricos no se utilizan grasas que conduzcan la electricidad y tengan una baja estabilidad mecánica. Por otro lado, las grasas de uso del Taller Automotriz deben resistir el lavado por agua y las altas velocidades, y en el Taller Mecánico hay algunas grasas que ocupan mejores cualidades de bombeo.

Por último, en los vehículos automotores, se aconseja, hacerlo con base a un aceite multigrado, a partir de la consulta del estándar SAE y la norma API para realizar su especificación.

El ejercicio de seleccionar un lubricante hace que cada vez se obtengan más conocimientos al respecto, y esto beneficia el plan de lubricación, ya que, no solamente, se eliminan redundancias, sino que de igual forma, se excluye algunos grados de viscosidad al entender cuáles son los requisitos reales de la máquina, en lugar de solamente, leer el manual de mantenimiento. En ocasiones algunos fabricantes recomiendan un grado de viscosidad mayor para proporcionar una menor sensibilidad a la contaminación, mientras otro, especifica un grado menor de viscosidad para favorecer la eficiencia energética. Estos casos suelen ocurrir en equipos de iguales características pero de diferentes fabricantes.

La selección final del lubricante es imprescindible experimente pruebas de campo y experiencias pasadas (lecciones aprendidas).

4.4.1. Horarios de lubricación

Una vez realizados los levantamientos de la encuesta de la muestra estudiada en este proyecto, se procede, con el análisis y a elaborar la calendarización de la actividad de aplicación de los lubricantes.

La teoría recomienda que para definir una correcta frecuencia de lubricación se debe partir de las recomendaciones del fabricante del equipo, las cuales, adecúan al medio donde éste opere, pero, al optimizar el plan de lubricación posiblemente, se disminuyan las frecuencias de los cambios y esta acción de disminución se realiza mediante un análisis de aceite que conlleva tiempo en su ejecución, pues, se revisan los *resultados del laboratorio en un período de tiempo determinado*. Nunca se toman decisiones con el primer análisis realizado pues, marca una tendencia para definir el plan de acción en cada equipo.

En las órdenes de trabajo actuales, es necesario, indicar los siguientes aspectos.

- Tipo de lubricante a utilizar.
- Indicar la cantidad que se necesita.
- Especificar los puntos de lubricación.
- Temperatura de operación del equipo.
- Espacio destinado para anotar datos técnicos de las unidades y maquinaria, número de motor, número de chasis, año, modelo y fabricante. Esto con el fin de actualizar la información de la base de datos, cada vez que los equipos tienen un servicio de mantenimiento.

Un punto también, importante a considerar es la identificación de los lubricantes que debe llevar cada equipo, herramienta, contenedor y área de almacenamiento. Esta codificación servirá de guía al personal de la empresa, con el fin de facilitar la identificación de los lubricantes y disminuir los posibles errores que sucedan.

4.4.2. Sistema de identificación de lubricantes

El plantel El Alto, no cuenta con un sistema de codificación para identificar los lubricantes, los mismos son etiquetados con un marcador en el cual con letras grandes se indica su viscosidad solamente, como se observa en la figura adjunta.

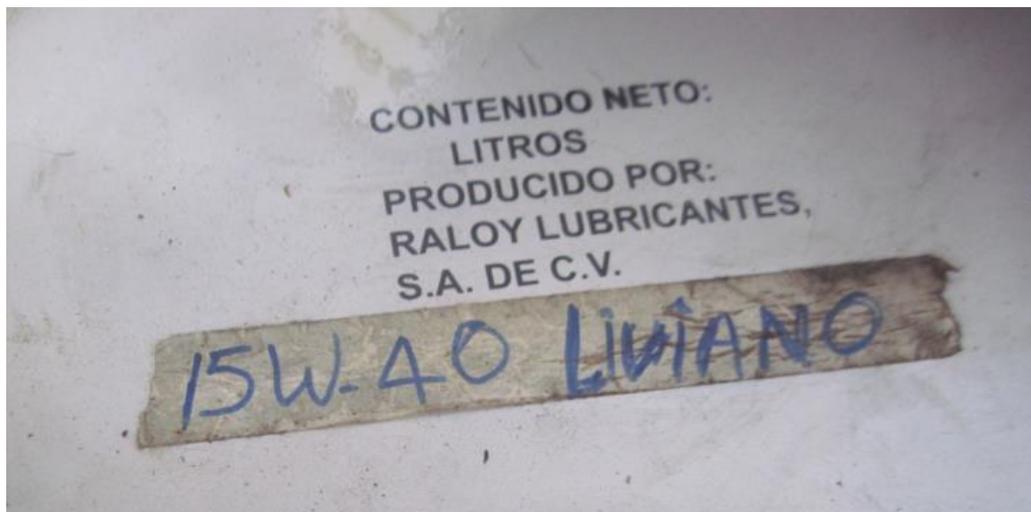


Figura 36. Identificación actual de Lubricantes en los talleres.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se recomendará un código de identificación de lubricantes sencillo, que sirva para identificar de manera práctica el lubricante que se va a utilizar dependiendo del equipo y según lo indique la OT.

El sistema de identificación utiliza colores, formas y caracteres alfanuméricos, con el cual el personal del Departamento de Mantenimiento identifica los aceites industriales y grasas de acuerdo con su aplicación, viscosidad y características

especiales. El sistema de identificación de lubricantes (LIS por sus siglas en inglés) emplea una combinación de elementos en una misma etiqueta, a fin de identificar:

- Tipo de lubricante – Aceite o Grasa.
- Aplicación del Lubricantes.
- Grado de Viscosidad/Consistencia.

Tabla 26. Código de colores para identificar los lubricantes

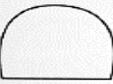
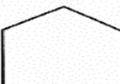
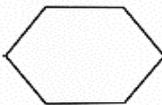
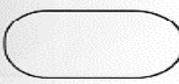
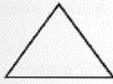
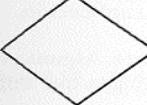
DESCRIPCIÓN DE LUBRICANTE	CÓDIGO DE COLORES
Grasa alta temperatura	Grasa Alta Temperatura. NLGI 2
Grasa multipropósito	Grasa Multipropósito. NLGI 2
Grasa Dieléctrica.	Grasa Dieléctrica. NLGI 2
Aceite industrial ISO 68	Aceite Industrial ISO 68
Aceite motor de combustión gasolina. SAE 5W30	Aceite Motor Gasolina. SAE 5W30
Aceite motor de combustión diésel. SAE 15W40	Aceite Motor Diésel SAE 15W40
Aceite para diferenciales autoblocantes. SAE 75W-90	Caja y diferencial SAE 75W90
Aceite para engranajes	Reductores, Motoreductores AGMA 5

Fuente: Elaboración propia.

Esta codificación va adherida en los tambores, área de almacenaje, aceiteras pistolas engrasadoras y demás elementos utilizados en la lubricación de los equipos.

Otra muy buena práctica es marcar los puntos de lubricación de los equipos de la planta con los símbolos estándares para especificar las frecuencias de lubricación. La forma geométrica de los símbolos indica la frecuencia y su color el tipo de lubricante. Dentro de cada símbolo aparece la palabra ISO o SAE acompañada de un número si es aceite, o la NLGI con un número si se trata de una grasa.

Tabla 27. Símbolos geométricos para especificación de frecuencias de lubricación

SIMBOLO	FRECUENCIA	SIMBOLO	FRECUENCIA
	CADA TURNO		MENSUAL
	DIARIO		BIMENSUAL
	CADA DOS DIAS		TRIMESTRAL
	DOS VECES SEMANAL		SEMESTRAL
	SEMANAL		ANUAL
	QUINCENAL		

Fuente: Albarracín (2006)

Es importante, que cada equipo cuente con una ficha técnica digital e impresa, en la cual se anoten todas las observaciones relevantes del equipo, tales como.

- Tipo de intervención realizada, ya sea, cambio, relubricación, toma de muestras de aceite, etc.
- Fecha de la última lubricación.

- Puntos que fueron lubricados.
- Nombre del operario que realizó el mantenimiento.
- Observaciones generales.

Esto con el fin de referencias futuras para el plan de lubricación (trazabilidad) y para información del técnico que le corresponda realizar un nuevo mantenimiento.

4.5. Manipulación y almacenamiento del lubricante

Este punto se dividió en tres partes: (1) el almacenamiento lubricantes nuevos, (2) el almacenamiento lubricantes usados y (3) la manipulación de los lubricantes, aspecto que se refiere a las herramientas necesarias para el trasiego de los lubricantes desde el tambor hasta el lugar donde será aplicado.

4.5.1. Almacenamiento de lubricantes nuevos

El almacenamiento no sólo implica la asignación de un lugar para el acomodo de los lubricantes comprados, sino que es necesario, cumplir con una serie de normas que garanticen la conservación y protección del producto adquirido, y adicionalmente, también, se minimice el riesgo de un eventual accidente.

Los lubricantes deben de resguardarse en una bodega o almacén adecuado para la conservación de sus especificaciones y óptimas condiciones en todo momento, por lo cual, el lugar debe de contar con las siguientes características (Trujillo, 2012):

1. Edificio techado y cerrado por los cuatro costados para la protección de los efectos del clima (polvo, lluvia, etc.), pero que permita la salida del humo y el calor en caso de incendio. Esto debido a que, con la rápida liberación del humo y el calor, mejorará la visibilidad de la fuente de fuego y retardará su dispersión lateral.
2. Acceso restringido para el resguardo del producto.
3. En caso en que la iluminación natural sea inadecuada o insuficiente, la iluminación artificial cumple con requisitos especiales con el fin de evitar

posibles fuentes de ignición, ya que, puedan estar presentes en el aire gases o vapores inflamables en cantidad suficiente para producir una explosión.

4. Los pisos son contruidos con algunos cuidados, como mínimo de cemento, sellados y de fácil limpieza.
5. No almacenar productos cerca de alcantarillas o elementos que afecten un eventual derrame.
6. De fácil acceso y maniobrabilidad para la carga y descarga de producto con el uso de un montacargas, carretillas manuales o hidráulicas.
7. Señalización con información de manejo adecuado de lubricantes, así como números telefónicos en caso de una emergencia.
8. Señalamiento con las mejores prácticas en la conservación de los lubricantes.
9. Disponer al menos de un extintor de polvo químico clase ABC de 4.54 kg en un punto de fácil acceso y con la rotulación correspondiente.
10. Incluir la señalización de rutas de evacuación y medios de egreso, de acuerdo con la normativa aplicable.
11. Disponer de materiales de limpieza y de contención de derrames y fugas (materiales oleofílicos).
12. Disponer de las hojas de seguridad de los materiales (también conocidas como MSDS por sus siglas en inglés) para conocer la composición química de los productos, sus riesgos a la salud asociados y medidas a tomar en caso de emergencia.

Para la conservación de los lubricantes se aplican los siguientes principios:

1. Cada tipo de lubricante está organizado por secciones para facilitar su ubicación.
2. El área está limpia y delimitada para su fácil identificación y control.
3. Las ayudas visuales del área de almacenamiento es preciso cuente con los siguientes elementos:

- a. Nombre del producto.
 - b. Código del sistema de identificación de lubricantes (LIS).
 - c. Código interno del almacén.
 - d. Máximos y mínimos de existencias en el almacén.
 - e. Punto de re-orden.
 - f. Línea máxima de almacenamiento.
4. Siempre que sea , es obligatorio, almacenar los tambores de lubricante con los tapones hacia abajo para disminuir el riesgo de ingreso de humedad y partículas por expansión térmica provocada por los cambios de temperatura ambiente durante el día y la noche.
5. Aplicar el principio de rotación de inventarios “Primeras Entradas - Primeras Salidas” (PEPS) para la entrega de productos. Esta medida asegura que los lubricantes no permanezcan almacenados durante mucho tiempo y disminuye el riesgo de degradación de los lubricantes por asentamiento de aditivos.

En la figura siguiente se presenta un diseño sugerido para el acomodo por secciones de los contenedores, con base en las recomendaciones de almacenamiento y conservación de los lubricantes en la bodega del almacén.

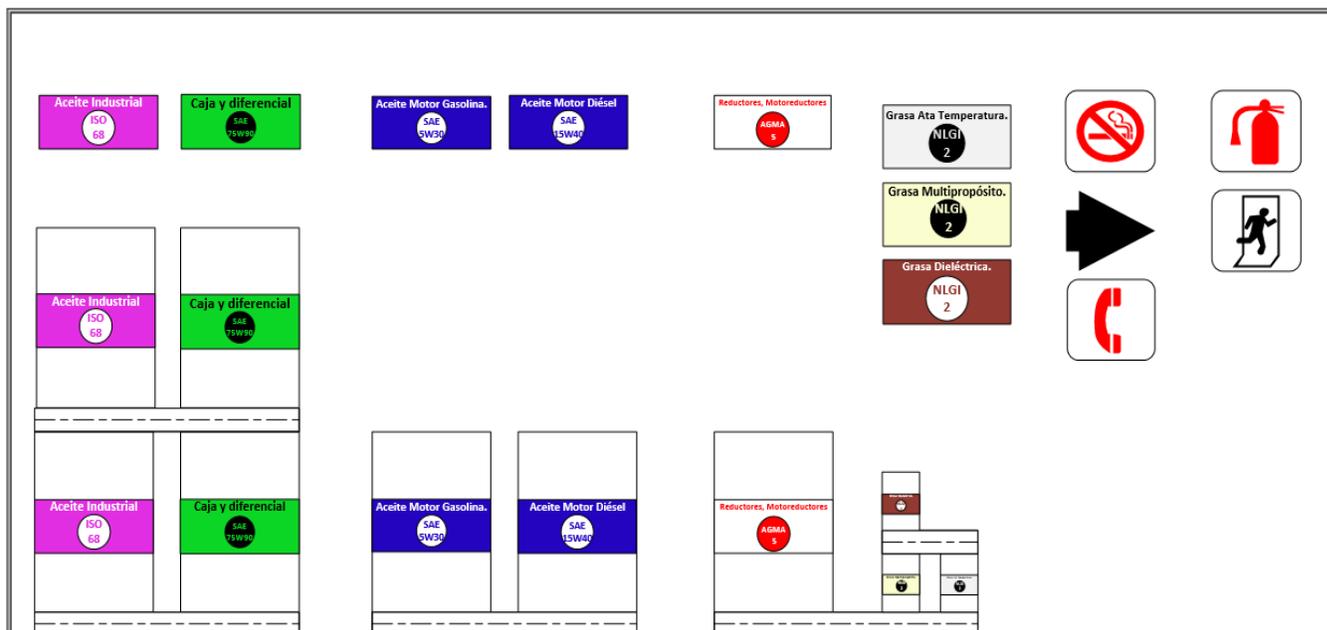


Figura 37. Acomodo y rotulación sugerida para la bodega en almacén (vista frontal)

Fuente: Elaboración propia.

En el Taller Mecánico-Industrial son pocos los tambores a utilizar, por ende, con la rotulación adecuada de los mismos basta para su identificación, además, esta rotulación se coloca en cada una de las herramientas utilizadas para el desarrollo de las labores de lubricación. La ventaja con la que cuenta este taller es que el consumo no es tan acelerado, por lo cual, un tambor rinde por lo general de dos a tres meses en agotarse, adicionalmente, se encuentran a escasos 20 metros del almacén principal, lo cual, si se requiriera de algún lubricante su entrega sería inmediata por parte del Departamento de Almacén.

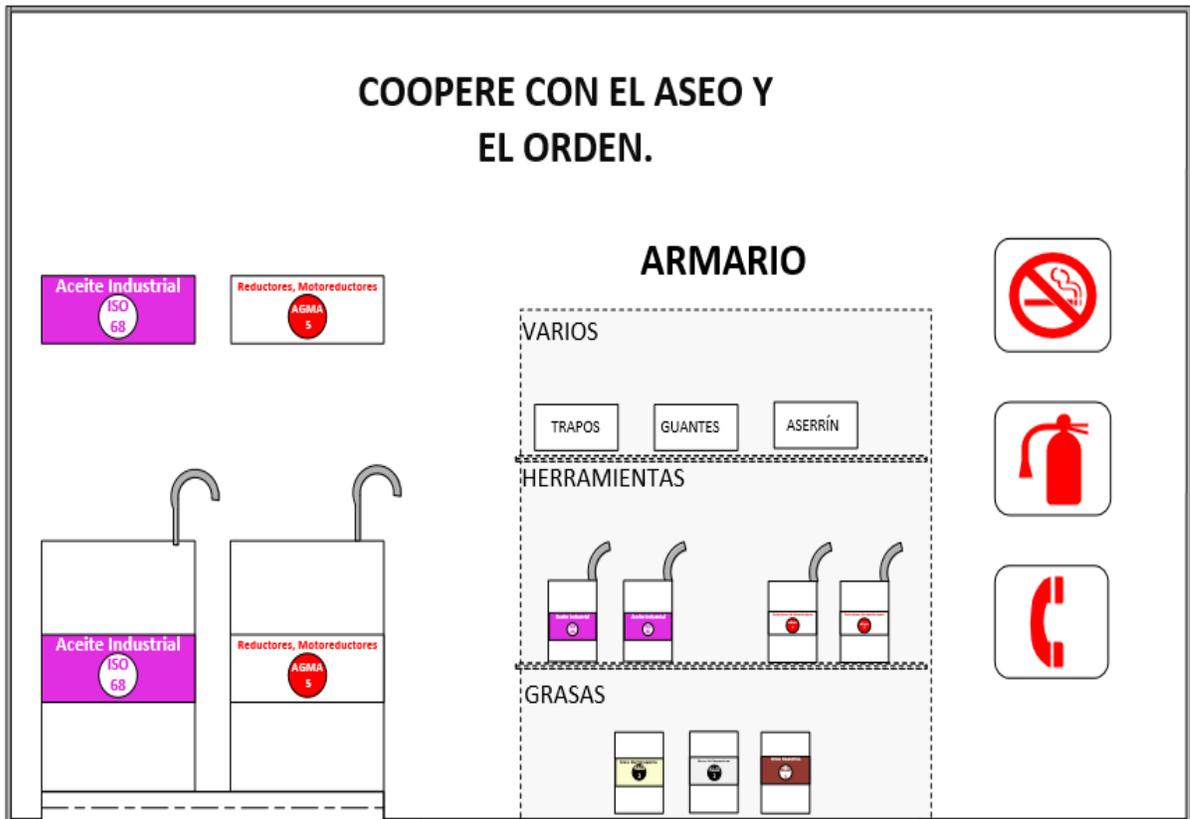


Figura 38. Área de lubricación del Taller Mecánico-Industrial (Vista frontal)
Fuente: Elaboración propia.

Para el Taller Automotriz se dispone de un área mayor, ya que, son muchos los tambores con diferentes lubricantes que se necesitan para la flota vehicular pesada y liviana. En la figura 37 se muestra la colocación propuesta según, los siguientes números:

1. Puerta para descarga y salida de lubricantes.
2. Rejilla recolectora de posibles derrames.
3. Tambores almacenados de forma horizontal.
4. Armario metálico para almacenar herramientas y grasas.
5. Mesa de trabajo para el operario.
6. Área de almacenamiento de tambores.
7. Tambores horizontales de aceites hidráulicos.
8. Extintor de polvo químico ABC.

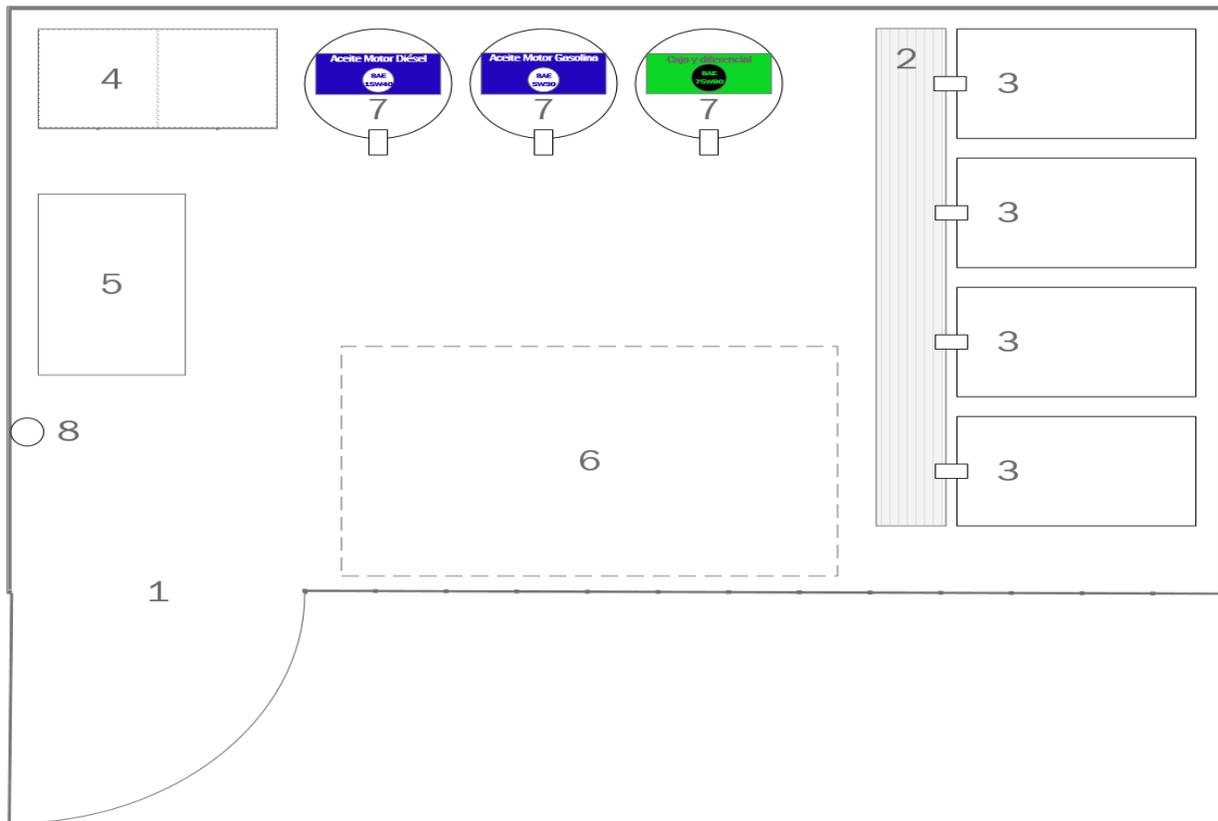


Figura 39. Bodega taller automotriz (Vista superior)
 Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. Almacenamiento de lubricantes usados

Todos los lubricantes, indistintamente, cual sea, su función, se contaminan y deterioran, siendo necesario su desecho y sustitución. El Plantel El Alto, cuenta con un tanque en el que son acumulados y luego entregados a la empresa HOLCIM Costa Rica.

Asimismo, el Taller Automotriz, cuenta con la ventaja que el aceite desechado por los vehículos se recolecta primero en contenedores de 30 litros y luego son vertidos al tanque de almacenamiento de aceites de desecho. Lo que se identifica como un punto de mejora es la señalización y delimitación de la zona, porque, no se cuenta con vías marcadas para la de evacuación y vertido de productos químicos, falta de rótulos de seguridad e higiene ocupacional, delimitación del acceso restringido y la rotulación que indique que es un taque para la recolección de aceites usados.

En el caso del Taller de Mecánica-Industrial deben mejorarse los cuidados de la manipulación del tambor de almacenamiento temporal más rigurosamente, así como delimitar el acceso, tapar el tambor luego que se vierte líquido y etiquetarlo indicando que es aceite usado.

4.5.3. Manipulación de los lubricantes

Los lubricantes, desde el momento de su fabricación hasta que se aplican al equipo, pasan por una diversidad de situaciones intermedias, como la manipulación en la planta de lubricantes, acarreo hasta el distribuidor, transporte hasta el usuario, tiempo de permanencia y forma de almacenamiento en la bodega de la fábrica, aplicación final al equipo y accesorios, tales como recipientes, aceiteras, etc., utilizadas para aplicar el lubricante que, según la forma como se efectúen, en ocasiones, altera, en mayor o menor grado las propiedades del lubricante y por consiguiente, su rendimiento en el equipo.

El Plantel El Alto, cuenta con algunas herramientas que son adecuadas pero, en otros casos no. A continuación, se indican recomendaciones de algunas herramientas para hacer que el plan de lubricación funcione de manera más eficiente, evitando despilfarros y mezclas de lubricantes, a saber:

- **Equipos para el transporte de tambores.** Los equipos que se enlistan son para subir o bajar los tambores del vehículo y transportarlos hasta la bodega o el sitio en donde se vayan a utilizar.
 - Elevador mecánico.
 - Montacargas.
 - Plataforma hidráulica.
 - Carretilla manual.

En lo referente al acomodo en los talleres, los tambores se colocan de forma horizontal o vertical, tal como se señala:

- Horizontal: La estructura metálica es una forma de carretilla y de fácil construcción, que permita manipular los tambores sin problema alguno. Llamado comúnmente banco de cuna.
- Vertical: No ocupa ningún tipo de estructura, pero se recomienda colocar el tambor sobre una tarima para evitar así el contacto directo con el suelo, que puede transferirle humedad al lubricante por el intercambio de calor.

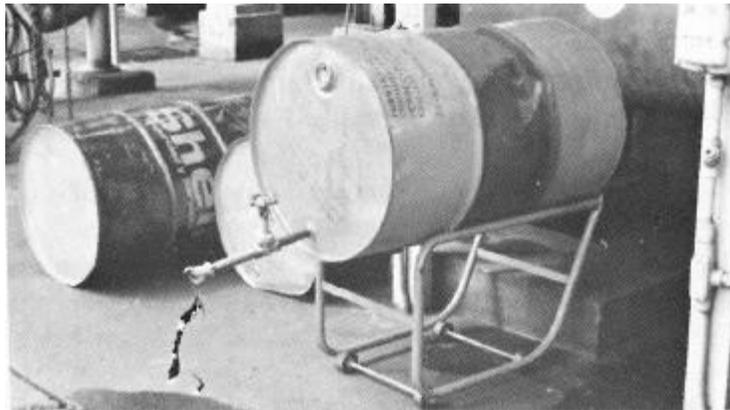


Figura 40. Banco de cuna
Fuente: Albarracín (2006)

Las grasas normalmente, vienen en envases de fácil maniobrabilidad, se deben acomodar en un mueble que las proteja de cualquier contaminante que las degrade, además, es inminente se encuentre bajo llave y con su debida etiquetación.

- **Herramientas de lubricación.** Uno de los principales escollos de la lubricación es la utilización de herramientas no adecuadas para la realización de los trabajos. Las herramientas deben de ayudar al técnico en el almacenamiento, manipulación, dosificación y suministro de lubricantes para la maquinaria de forma limpia y sencilla.
 - Recipiente para aplicación de los aceites. Comúnmente se utilizan botellas y galones que no son adecuados para el transporte de este tipo de materiales, ya que se degradan con algunos tipos de aceite,

además en muchas ocasiones son comunitarios o carecen de etiquetas que indiquen el tipo de aceite que contienen (ver figura.39). Lo correcto es emplear recipientes metálicos con tapas herméticas para transportarlos desde el tambor hasta el equipo, utilizando una para cada tipo de lubricante. Su capacidad depende de la operación que se vaya a efectuar. Para completar niveles de aceite es más cómodo emplear aceiteras hasta de un galón de capacidad. Los recipientes deben ser lavados con un solvente, secarlos y taparlos dejándolos limpios para la próxima utilización. Todos los recipientes deben identificarse con el código de lubricación utilizado, con el cual se indica la viscosidad, ya sea en el sistema ISO o SAE. Importante mencionar, que nunca se deben utilizar recipientes galvanizados, porque muchos de éstos contienen aditivos que reaccionan con el zinc formando jabones metálicos, los cuales espesan el fluido y obstruyen tuberías, boquillas, mechas etc.

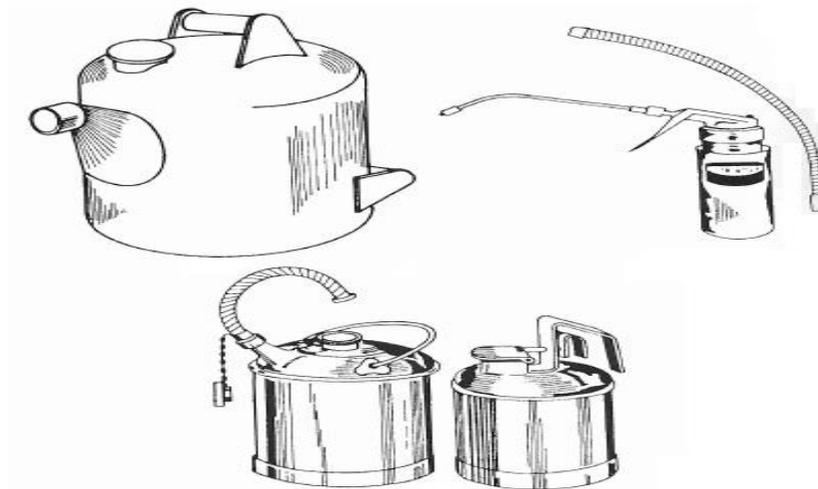


Figura 41. Diferentes tipos de recipientes y aceiteras para el transporte y aplicación de aceites
Fuente: Albarracín (2006)

- **Dispositivos para aplicación de grasas.** Normalmente se utiliza la pistola engrasadora de 24 onzas, de la cual se debe tener como mínimo una por cada tipo de grasas que se emplean en los talleres. Al igual que los

recipientes para aceites, se debe identificar de acuerdo con el código de colores establecido (véase tabla 27 Codificación de identificación de lubricantes.).

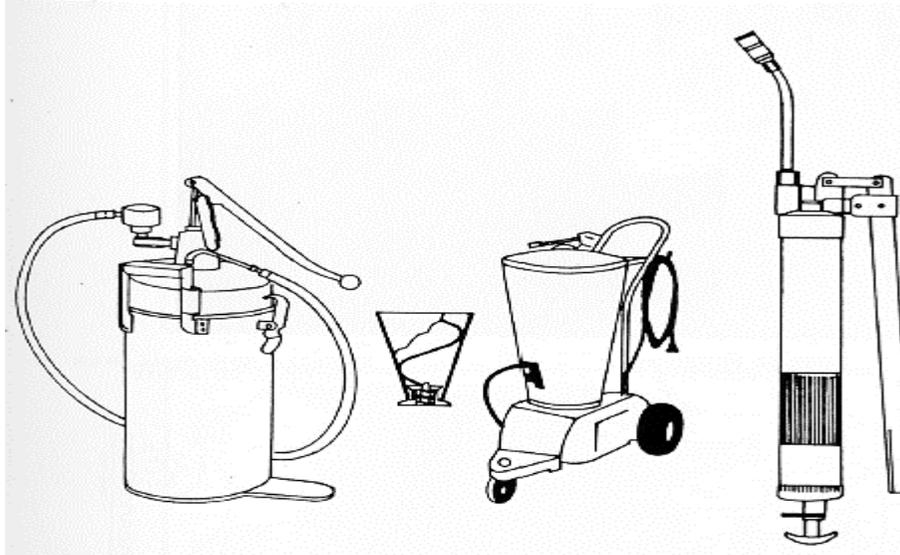


Figura 42. Diferentes tipos de pistolas engrasadoras

Fuente: Albarracín (2006)

- **Bombas para trasvasar aceites.** Son utilizadas cuando los tambores de aceite se colocan verticalmente. Nunca se debe emplear una sola bomba para sacar los diferentes tipos de aceites. No resulta práctico y es casi imposible limpiarlas internamente y lo suficientemente bien como para permitir su uso con aceites de distinto tipo. El mercado cuenta con varios tipos de bombas:

- Bombas manuales
- Bombas neumáticas
- Bombas neumáticas o eléctricas para trasvasar grasa

Es adecuado colocar un caudalímetro, para llevar un control del consumo de aceite, además de dispensar el líquido requerido.

- **Recolectores de aceite.** Los aceites de desecho deben de recolectarse y desecharse de una manera segura, para hacer que el área de trabajo esté libre de derrames y evitar posibles accidentes. Para la recolección de

residuos líquidos provenientes de sustancias químicas se utilizan bandejas o recolectores directamente debajo del punto de drenado del equipo. Los equipos de succión no son muy recomendados ya que no siempre recogen las impurezas que se asientan en el fondo de los depósitos.



Figura 43. Recolectores de aceite usado
Fuente: SAMOA (2015)

- **Refractómetro portátil.** Es un instrumento portátil que muestrea información inmediata sobre la condición del aceite. La unidad mide los cambios en la constante dieléctrica de un aceite. Al comparar las mediciones obtenidas de aceites usados y sin usar del mismo tipo y marca, el controlador de la condición del aceite es capaz de determinar el grado de cambio en la condición de éste. El cambio dieléctrico está relacionado directamente con la degradación y el nivel de contaminación del aceite, y permite al usuario alcanzar intervalos optimizados entre los cambios de aceite, detectar el aumento del desgaste mecánico y la pérdida de las propiedades lubricantes del aceite. El controlador muestra los cambios en la condición del aceite, que se ven afectados por factores como:

- Contenido de agua

- Contaminación por combustible
- Contenido metálico
- Oxidación

El controlador de la condición no es un instrumento analítico y tampoco busca sustituir un análisis de aceite hecho por un laboratorio.



Figura 44. Controlador de condición
Fuente: Grupo SKF (2015)

- **Herramientas varias.** Es necesario apoyarse en la utilización de diferentes equipos para la lubricación, lo importante es siempre utilizar utensilios de calidad, compatibles para el trabajo a realizar y que siempre estén limpios, por lo tanto se utilizan solventes y algunas de estas herramientas:
 - Brochas
 - Embudos
 - Trapos
 - Guantes

4.5.4. Análisis de aceite

El método de análisis del aceite usado constituye la piedra angular de cualquier plan de lubricación. Es la herramienta que ayudará a reducir costos en todas las

áreas posibles. También brinda seguridad, ya que nos da información de que el lubricante nuevo cumple con las especificaciones solicitadas y certifica que éste realice el trabajo adecuadamente. Por medio del análisis del aceite se prolongarán con certeza los intervalos de cambios del aceite, haciendo que el equipo trabaje más tiempo, aumentando su disponibilidad y fiabilidad.

Es necesario tener en cuenta que el análisis de laboratorio por sí solo no es suficiente para determinar la causa de una falla, sino que también se deben considerar las condiciones de operación bajo las cuales funciona el mecanismo. Para sacar una conclusión acerca del estado del aceite usado que se ha analizado, es necesario observar la coincidencia de varios factores en una misma causa para darla por cierta. Por estos motivos, y con el fin de hacer un plan de lubricación exitoso, es necesario iniciar con los análisis de laboratorio de los aceites. En un inicio es necesario comprar los servicios a empresas externas, pero en un futuro se podría comprar los equipos para que RECOPE realice sus propios análisis, ya que cuenta con personal calificado para su posible implementación, así como laboratorios, y con esto se realizarían estudios a todos los equipos estacionarios y móviles con que cuenta la institución.

4.5.5. Evaluación de nuevos lubricantes

En el mercado hay tantas opciones sobre aceites como productos existen a disposición de los clientes. Algunos técnicos e ingenieros piensan que por ser de un tipo de aceite (mineral, vegetal o sintético) son superiores, demasiado caros, exóticos o que no se desempeñan lo suficientemente bien en situaciones reales; mientras que, otros consideran simplemente que son mejores por ser de un tipo en específico.

La única forma de comprobar uno u otro criterio es medir el valor final de un lubricante evaluando su desempeño neto en una aplicación dada. No siempre lo que se adquiere es mejor a lo que se tiene. Por eso es recomendable hacer primero una prueba controlada sobre un elemento representativo, con los correspondientes

análisis de aceite y durante un periodo prudencial, para ver si verdaderamente el cambio va funcionar adecuadamente.

Se deben medir factores como:

- Temperatura: Anotar la temperatura de operación antes del cambio y luego con el aceite nuevo. El calor generado representa energía perdida hacia el ambiente, y por lo tanto el motor impulsor debe trabajar más para compensar las pérdidas. Además la disminución en la fricción hace que se disminuya la temperatura de operación, por lo que el motor trabaja más eficientemente y disminuyen así los costos operativos.
- Lubricante: Costo de cambiar de un lubricante a otro.
- Mano de obra: La frecuencia de cambio de cada lubricante y el tiempo requerido para cada cambio, así como el costo asociado.
- Vida útil de los componentes: Tiempo transcurrido entre instalaciones y reemplazo de piezas.
- Ahorros por disminución de paradas: Productividad global del equipo con el nuevo y viejo lubricante.

Lo más importante es que sin importar cual lubricante se utilice, no se debe de tratar de adivinar los resultados. Los proveedores deben ayudar a tomar la decisión correcta y desarrollar una buena estrategia de administración de la lubricación.

4.6. Capacitación del personal

El personal técnico del Plantel El Alto son trabajadores con un rango de 5 a 30 años de experiencia, lo que implica que han realizado sus funciones de la misma manera durante mucho tiempo y transferido el conocimiento de los más antiguos a los más nuevos, Esto no es garantía de que se estén haciendo adecuadamente el proceso de lubricar los equipos.

Es por esta cultura de trabajo y la de incorporar técnicas de mantenimiento diferentes a las que comúnmente están acostumbrados, que la capacitación es de vital importancia para el éxito de este plan de mantenimiento.

La capacitación está orientada en concientizar la importancia de realizar las acciones de una forma diferente, pero siempre se debe estar abierto a escuchar sugerencias por parte de ellos.

Como parte de un mantenimiento autónomo, se propone que se dé una capacitación a todos los operarios de los equipos, a nivel de inspección visual y de la limpieza de las máquinas, con el fin de que los operarios puedan percibir deterioros y problemas que presenten los equipos de forma prematura y así evitar que el daño pueda ser mayor.

4.7. Procedimiento de lubricación

En esta fase se adoptaron métodos que guiarán a los técnicos a una autonomía y seguridad para el buen desempeño de las funciones de lubricación. Además, es un instructivo para la formación de los nuevos trabajadores en la inducción de las tareas a realizar.

El Instructivo se realizó según el formato indicado por el departamento de Mantenimiento, ya que ellos elaboran sus procedimientos de trabajo bajo estos estándares internos. El instructivo establece una serie de procedimientos necesarios para la aplicación de los lubricantes. Ahora bien, el uso correcto de este manual dependerá de cada técnico, el cual se debe familiarizar con el mismo, y por parte de los ingenieros del Departamento de Mantenimiento estar vigilantes de su acatamiento, así como revisarlo periódicamente para su actualización según las necesidades que puedan ir surgiendo. (Ver apéndice 2. Instructivo del proceso de aplicación de los lubricantes)

CAPÍTULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Como resultado del proyecto realizado en el plantel El Alto, es posible concluir que la falta de importancia que la gerencia le otorga a la lubricación, hace que dicho plantel no cuente con un plan de lubricación formalmente constituido, documentado y desarrollado.

Por otro lado, los constantes cambios de software, para la colaboración de la administración de mantenimiento han producido que las bases de datos con la información de los equipos no sean del todo fiable. Además por la falta de un plan de lubricación, las ordenes de trabajo que se generan a través del sistema, no brindan información como el tipo y cantidad de lubricante, pero aún más importante, contar con estadísticas de los mantenimientos realizados sobre los equipos, para la toma de decisiones y acciones a seguir.

El no contar con una biblioteca técnica con los manuales de propietario y de mantenimiento de todos los equipos y vehículos, produce una serie de inconvenientes que al final se traducen en pérdida de tiempo, para lograr solucionar un problema, pues acarrea la necesidad de realizar búsquedas de información por internet, llamadas a proveedores o bien, el tener que enviar el equipo a reparación externa o ponerlo fuera de funcionamiento permanentemente.

Otro aspecto relevante a concluir, es que la especificación de lubricantes es un proceso delicado, por lo cual no debe basarse en especificaciones echas por otros planteles, ni tampoco asignarse al Departamento de Almacén. La especificación debe salir del propio Departamento de Mantenimiento apoyándose con los proveedores los cuales orientaran y aconsejaran en la escogencia de las mejores cualidades que debe presentar el producto, para así optimizar la productividad y fiabilidad de los equipos.

La realización de un proceso de inducción en el cual la persona nueva conozca a detalle su tarea a realizar, la empresa y se haga una presentación formal a todo el personal con el cual va tener contacto diariamente, es fundamental, pues esto hará sentir al individuo aceptado por parte de los nuevos compañeros y al final ayudara a lograr el objetivo planteado, respetando y siguiendo los lineamientos con los que cuenta la empresa.

Los trabajos rutinarios hacen que todo se vea normal y se pierde la capacidad para innovar, no se permite la reflexión y por ende no se da un mejoramiento continuo. Se debe alentar a los técnicos y jefes a realizar actividades diferentes las cuales ayudaran a un cambio de paradigma que estará basado en ideas y análisis, no en posiciones que generan luchas y resistencia al cambio.

Los planes de lubricación se traducen en muchas horas de trabajo recaudando información de los equipos y lubricantes, La tribología es una ciencia muy basta, por lo cual el capacitar y adiestrar una persona en esta área ocupa muchos meses para su comprensión y años para poder considerarse experto, pero este sacrificio se verá reflejado en el beneficio económico que toda organización busca.

Un programa de gestión de mantenimiento es una herramienta, que debe implementarse para que cumpla con lo que realmente se requiere, debe aportar información útil para la toma de decisiones, No debe crear solo órdenes de trabajo.

5.2. Recomendaciones

- Es imperativo que la gerencia se comprometa con este proceso de lubricación aquí planteado, la gerencia debe dar seguimiento, desarrollarlo, y propagarlo a todos los equipos del plantel El Alto, luego a todas las demás zonas con las cuales cuenta RECOPE. Un plan de lubricación debe convertirse en la piedra angular de todos los demás mantenimientos que se aplican y se aplicaran a futuro en la empresa.
- El éxito de este proyecto, así como de cualquier otro, girara en torno a la constancia y compromiso de todos en el Departamento de Mantenimiento, los cuales deben mantener la línea de acción trazada, por lo cual se debe tener una mente positiva, abierta y en disposición para hacer cambios de cultura, hábitos y paradigmas los cuales son muy difíciles de romper.
- Se debe contratar o asignar a una persona que se responsabilice del plan de lubricación y con ello también realizar el resguardo de los manuales de los equipos antiguos y nuevos que ingresen a la institución. Los manuales proporcionan información relevante de manera ágil y precisa cuando se requiera.
- Se deben ejecutar periódicamente evaluaciones de diagnóstico, los mismos se deben ver como una herramienta que ayudé a encontrar fortalezas y debilidades de cualquier proceso, con la idea de siempre buscar la mejora continua y fijar nuevas metas a conseguir. No debe verse al diagnóstico como una amenaza para implicados o responsables de dicho proceso en evaluación.
- El plantel del Alto ocupa pasar de un programa de lubricación, a un proceso, ya que un programa es un planeamiento que se desarrolla y se termina. En cambio un proceso de lubricación empieza pero jamás termina debido a que se retroalimenta, mejorando constantemente, siendo abierto a correcciones e innovaciones.
- La comunicación propicia la coordinación de actividades entre individuos, y posibilita el alcance de las metas. Por lo cual el crear y mejora los canales de

comunicación es vital ya que gracias a la comunicación el trabajo en equipo es más eficiente, ayuda a tener un ambiente de trabajo armonioso y donde los malos entendidos disminuyen. En consecuencia, se tendrá una alta productividad, lo que se resume en un plantel más organizado, fuerte, sólido, susceptible al cambio y en crecimiento.

- Crear o comprar una herramienta de gestión de mantenimiento echa a la medida de la empresa y de lo que realmente se va a utilizar. En muchas ocasiones estos software abarcan muchos aspectos que no son relevantes o no aportan datos relevantes para la empresa, por lo cual lejos de ayudar generan ruido y al final no se aprovecha realmente la herramienta y la misma no genera información que pueda ser útil para la toma de decisiones.

CAPÍTULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA

- ACEA EUROPEAN, O. (2015). *ACEA - European Automobile Manufacture's Association*. Recuperado el 05 de 15 de 2015, de ACEA: http://www.acea.be/uploads/publications/2012_ACEA_Oil_Sequences.pdf
- Albarracín Aguillón, P. R. (octubre 15 de 2006). *Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz*. (4a. ed., Vol. TOMO I). Medellín, Colombia: LITOCHOA.
- Chaves Jiménez, J. (2013). *Plan de gestión para el desarrollo del programa de mantenimiento rutinario centralizado en lubricación aplicado a la flotilla vehicular y maquinaria en proyectos geotérmicos del ICE*. Proyecto Final de Graduación, San José, Costa Rica.
- Clapp, A., & Wilcox, F. (abril de 1980). *Tutorium Leaders*. Recuperado el 6 de marzo de 2015, de Dow Chemical U.S.A: <http://turbo-lab.tamu.edu/proc/turboproc/T7/T7177-188.pdf>
- Donlon, A. (s.f.). *Evaluación de lubricantes sintéticos*. (M. Martins, Ed.) Recuperado el 23 de 03 de 2015, de ExxonMobil Lubricants & Specialties: http://www.ingdatr.com.ar/pdf/001_evaluacion_de_lubricantes_sinteticos.pdf
- Meza B., L., & Carballada González, L. (2009). *El Diagnóstico Organizacional; elementos, metodos y técnicas*. Recuperado el 23 de marzo de 2015, de http://www.infosol.com.mx/espacio/Articulos/Desde_la_Investigacion/EI-Diagnostico-Organizacional-elementos.html#.VTVej03wv4g
- RECOPE. (2013). Recuperado el 2 de Marzo de 2015, de Recope: Refinadora Costarricense de Petróleo SA: <https://www.recope.go.cr/>
- Suárez, D., Espinoza, H., Collado, M., & Rodríguez, E. (2003). Metodología de Clasificación de Equipos según su Criticidad Utilizando los Criterios del

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. *Información Tecnológica*, 14(2), 143-149.

Trujillo, G. (2012). La lubricación desde un enfoque integral para TPM. (J. Carvajal Brenes, Ed.) *Mantenimiento Productivo Total TPM*, 65-83. Recuperado el 30 de Marzo de 2015

Widman, R. (s.f.). *La Determinación de la Frecuencia de Engrase*. Recuperado el 10 de Abril de 2015, de Mantenimiento Mundial.: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/engrase.pdf>

CAPÍTULO VII

7. APÉNDICES

7.1. Apéndice uno. Especificación técnica de lubricantes

A continuación se muestra la especificación técnica de los lubricantes y algunas consideraciones especiales que se deben tener a la hora de solicitar su compra por parte de los proveedores.

7.1.1. GRASA MULTIPROPÓSITO

Grasas para la utilización en condiciones de trabajo con capacidades de presión extrema bajo severas condiciones. En rangos de temperatura de 0° a 150°C.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

La grasa es de multipropósito y formulada con aceite base altamente refinados, para satisfacer las exigencias de trabajo en situaciones extremas de alta o baja temperatura, condiciones severas y cargas por impacto.

El agente lubricante de la grasa es sintético (amigable con el ambiente), con un espesante de jabón de litio para el buen rendimiento en condiciones de presiones extremas de trabajo en componentes mecánicos, por ejemplo:, rodamientos cónicos y radiales, bombas de engranajes, etc. Su composición química debe tener una excelente estabilidad mecánica, resistencia al agua, sellado, alta protección a la corrosión y oxidación.

El producto no causa, efectos adversos en la salud y medio ambiente, mientras se utilice en las aplicaciones a las que está destinado y se sigan las recomendaciones de la ficha de datos técnicos y de seguridad (MSDS).

Tabla 28. Características fisicoquímicas de la grasa multipropósito.

No.	PROPIEDADES	MÉTODO ASTM	VALORES	UNIDAD
1	Grado NLGI	----	2	----
2	Aditivos	----	EP	----
3	Tipo de espesante	----	Jabón de Litio	----
4	Penetración trabajada	D-217	Entre 265 - 295	mm/10
5	Punto de goteo	D-2265	Mayor a 200	°C
6	Punto de inflamación	D-92	Mayor a 250	°C
7	Viscosidad del aceite base a 40°C	D-445	Entre 100 y 110	cSt
8	Índice de viscosidad aceite base	----	Mayor a 130	----
9	Capacidad de carga Prueba 4 bolas	D-2596	Entre 170 - 250	Kg
10	Propiedades anti-herrumbre	D-1743	Debe Aprobar	----
11	Resistencia a lavado c/agua	D-1264	5	%
12	Prueba de carga Timken	D-2782	Mayor a 40	Lb
13	Rango temperatura de operación	----	0 a 150	°C
14	Textura	----	Lisa	----
15	Color visual	----	Roja	----

Fuente: Elaboración propia.

7.1.2. GRASA DIELECTRICA

Grasas para la utilización en motores eléctricos con capacidades de alta adherencia para altas velocidades de giro. En rangos de temperatura de operación entre 0° a 180°C.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

La grasa es diseñada para motores eléctricos, donde no se permita el paso de corriente eléctrica por medio de ella. Adicionalmente, se presenta, excelentes cualidades ante situaciones extremas de alta o baja temperatura, altas velocidades de giro, adherencia y elevadas cargas.

El aceite base de la grasa será sintético (amigable con el ambiente) con un espesante de Poliurea para el buen rendimiento en las condiciones antes mencionadas. Su composición química tiene una excelente estabilidad mecánica, resistencia al agua, sellado, alta protección a la corrosión y oxidación, buen desempeño anti-desgaste, buenas características de torque en bajas temperaturas.

El producto no debe causar efectos adversos en la salud mientras se utilice en las aplicaciones a las que está destinado y se sigan las recomendaciones de la ficha de datos técnicos y de seguridad (MSDS).

Tabla 29. Características fisicoquímicas de la grasa dieléctrica.

No.	PROPIEDADES	MÉTODO ASTM	VALORES	UNIDAD
1	Grado NLGI	----	2	----
2	Aditivos	----	No se permiten los de tipo EP	
3	Tipo de espesante.	----	Poliurea	----
4	Penetración trabajada	D-217	Entre 265 - 295	mm/10
5	Punto de goteo	D-2265	> 250	°C
6	Punto de inflamación	D-92	Mayor a 280	°C
6	Viscosidad del aceite base a 40°C	D-445	Entre 100 y 110	cSt
7	Capacidad de carga Prueba 4 bolas	D-2596	Entre 180 - 250	Kg
8	Propiedades anti-herrumbre.	D-1743	0 - 0	Cotación
9	Resistencia a lavado c/agua	D-1264	Menor o igual a 5	%
10	Prueba de carga Timken	D-2782	Mayor a 40	Lb
11	Rango temperatura de operación	----	0 a 180	°C
12	Apariencia	----	Lisa	----
13	Color visual	----	Marron	----

Fuente: Elaboración propia.

7.1.3. GRASA PARA ALTAS TEMPERATURAS.

Grasas para la utilización en condiciones de trabajo con capacidades de presión extrema bajo severas condiciones. En rangos de temperatura de -10° a 230°C.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

La grasa debe de ser multipropósito formulada con un aceite base mineral, para satisfacer las exigencias de trabajo en situaciones extremas de alta o baja temperatura, condiciones severas y cargas por impacto.

El agente lubricante de la grasa debe ser mineral (amigable con el ambiente), con un espesante de disulfuro de molibdeno para que sea compatible 100% con la actualmente, utilizada. Su composición química posee una excelente estabilidad mecánica, resistencia al agua, sellado, alta protección a la corrosión y oxidación.

El producto no causa efectos adversos en la salud y medio ambiente, mientras se utilice en las aplicaciones a las que está destinado y se sigan las recomendaciones de la ficha de datos técnicos y de seguridad (MSDS).

Tabla 30. Características fisicoquímicas de la grasa para altas temperaturas.

N°	PROPIEDADES	METODO ASTM	VALORES	UNIDAD
1	Grado NLGI.	----	2	----
2	Aceite Base	----	Mineral	----
3	Índice de Viscosidad Aceite Base	----	Mayor a 130	
4	Aditivos.	----	EP	----
5	Tipo de espesante.	----	Disulfuro de Molibdeno	----
6	Penetración Trabajada.	D-217	Entre 265 - 295	mm/10
7	Punto de Inflamación COC	D-92	Mayor a 300°	°C
8	Punto de goteo.	D-2265	Mayor a 250	°C
9	Estabilidad a la oxidación	D-942	Menor o igual 5	psi
10	Capacidad de Carga Prueba 4 bolas	D-2596	Mayor a 300	kg
11	Propiedades anti-herrumbre.	D-1743	Debe Aprobar	----
12	Resistencia a lavado c/agua	D-1264	Menor o igual a 4	%
13	Prueba de carga Timken	D-2782 o D-2509	25 - 40	Kg - lbs
14	Rango temperatura de operación.	----	-10 a 230	°C
15	Textura	----	Lisa de fibra fina	----
16	Color Visual.	----	Negro	----

Fuente: Elaboración propia.

7.1.4. ACEITE INDUSTRIAL

El aceite lubricante ISO-68 de base sintética, con un alto nivel anti-desgaste, es aplicado en la industria específicamente, en equipos tales como sistemas hidráulicos, bombas de engranajes, de paletas y de pistones radiales y axiales.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

El aceite está formulado con bases para la lubricación y protección de maquinarias de precisión que tienen los requerimientos más rigurosos de lubricación, aún durante prolongados períodos de servicio.

El aceite debe tener una elevada estabilidad térmica, lo cual, forma una resistencia a la degradación y formación de barro. Su estructura química tiene una alta resistencia a la oxidación, buenas propiedades anti-desgaste y anti-herrumbre para aumento de la protección de las piezas contra el ataque de agua y aire, con óptimas características de separación de agua y la no generación de espuma al interior del sistema. Los aditivos serán para condiciones de operación de servicio severos con altas cargas.

El producto no debe causar efectos adversos en la salud y al medio ambiente, mientras se utilice en las aplicaciones a las que está destinado y se sigan las recomendaciones de la ficha de datos técnicos y de seguridad (MSDS).

Tabla 31. Características fisicoquímicas del aceite industrial.

No.	PROPIEDADES	MÉTODO ASTM	VALORES	UNIDAD
1	Gravedad Específica 15°C	D-4052	0.89 máximo	----
2	Punto de inflamación COC	ASTM D-92 D-93	210 mínimo	°C
3	Punto de fluidez	ASTM D-97	< -15 máximo	°C
4	Viscosidad cinemática a 40°C	ASTM D-445	Entre 61.2 – 74.8	cSt
5	Viscosidad cinemática a 100 °C	ASTM D-445	Entre 9.5 – 7.9	cSt
6	Índice de viscosidad	ASTM D-2270	98 mínimo	----
7	Número de neutralización o T.A.N.	ASTM D-664 D-974	Máximo 0.8	mg KOH/g
8	Corrosión al cobre	ASTM D-130	1A	----
9	Prueba de herrumbre	ASTM D-665	Aprobado	----
10	Características espumantes	ASTM D-892	<ul style="list-style-type: none"> •Secuencia I: 0/0 •Secuencia II: 0/0 •Secuencia III: 0/0 	ml
11	Prueba de carga Timken	ASTM D-2782	25 - 40	Kg - lbs
12	Desemulsión (40/37/3)	D-1401	Máximo 10	minutos

Fuente: Elaboración propia.

7.1.5. LUBRICANTES PARA REDUCTORES DE VELOCIDAD

El aceite lubricante ISO-220, AGMA 5, SAE 90 de base mineral, con un alto nivel anti-desgaste, será aplicado en la industria específicamente, en cajas reductoras cerradas con engranajes rectos, helicoidales dobles y cónicos.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

El aceite está formulado con bases para la lubricación y protección de maquinarias de precisión que tienen los requerimientos más rigurosos de lubricación, aún durante prolongados periodos de servicio.

El aceite debe tener una elevada estabilidad térmica, lo cual, hace resistente a la degradación y formación de barro. Su composición química obtiene una alta resistencia a la oxidación, buenas propiedades anti-desgaste y anti-herrumbre para aumento de la protección de las piezas contra el ataque de agua y aire, con óptimas características de separación de agua y control de la espuma generada al interior del sistema. Los aditivos son para condiciones de operación de servicio severos con altas cargas.

El producto no debe causar efectos adversos en la salud mientras se utilice en las aplicaciones a las que está destinado y se sigan las recomendaciones de la ficha de datos técnicos y de seguridad (MSDS).

Tabla 32. Características fisicoquímicas Aceite para reductores.

No.	PROPIEDADES	MÉTODO ASTM	VALORES	UNIDAD
1	Densidad 15°C	D-1298	Máximo 0.9	g/cm ³
2	Punto de inflamación COC	D-92 D-93	Mínimo 230	°C
3	Punto de fluidez	D-97	Máximo -18	°C
4	Viscosidad cinemática a 40°C	D-445	Entre 198 - 242	cSt
5	Viscosidad cinemática a 100 °C	D-445	8.7 mínimo	cSt
6	Índice de Viscosidad	D-2270	145 mínimo	----
7	Número de neutralización o T.A.N.	D-664 / D-974	Máximo 0.9	mg KOH/g
8	Corrosión al cobre	D-130	1A	----
9	Prueba de Herrumbre	D-665	Debe Aprobar	----
10	Características espumantes	D-892	Debe Aprobar	----
11	Desemulsión (40/37/3)	D-1401	Máximo 10	minutos
12	Características espumantes	ASTM D-892	<ul style="list-style-type: none"> •Secuencia I: 0/0 •Secuencia II: 0/0 •Secuencia III: 0/0 	ml
13	Prueba de carga Timken	ASTM D-2782	70	lb

Fuente: Elaboración propia.

7.1.6. ACEITE PARA VEHÍCULO LIVIANO MOTOR DE COMBUSTIÓN DIÉSEL

Aceite lubricante sintético multigrado para motores de combustión interna y ciclo diésel. El aceite debe tener la certificación actual (donut) del API del país de origen.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

El aceite debe ajustarse a la clasificación API-CI4, ACEA A1/B1 y SAE 15W40).

El producto no debe causar efectos adversos en la salud mientras se utilice en las aplicaciones a las que está destinado y se sigan las recomendaciones de la ficha de datos técnicos y de seguridad (MSDS).

Tabla 33. Características fisicoquímicas del aceite para motor de combustión diésel.

N o.	PROPIEDADES	MÉTODO ASTM	VALORES	UNIDAD
1	Aspecto	D-1524	Limpio	----
2	Color	D-1500	Ámbar	----
3	Densidad a 15°C	D-4052	0.9 máximo	kg/m ³
4	Temperatura de Inflamación.	D-92 o D-93	220 mínimo	°C
5	Viscosidad cinemática a 100°C	D-445	Entre 12,5 a 16,3	cSt
6	Viscosidad cinemática a 40 °C	D-445	Entre 110 a 125	cSt
7	Viscosidad a 150 °C (HT / HS)	D-4683 o D-4741	3.7 mínimo	mPa.s (cP)
8	Índice de Viscosidad Calculado	D-2270	130 mínimo	----
9	Punto de escurrimiento	D-97	< -21	°C
10	Numero de neutralización (TBN)	D-2896	Mínimo 10.5	mgKOH/g
11	Tendencia a la formación de espuma	D.892	Debe aprobar	----
12	Cenizas Sulfatadas.	D-874	Menor o igual 0.9	% peso

Fuente: Elaboración propia.

7.1.7. ACEITE PARA VEHÍCULO LIVIANO MOTOR DE GASOLINA

Aceite lubricante de base sintética, multigrado para motores de combustión interna de gasolina. El aceite tiene la certificación actual (donut) del API del país de origen

CARACTERÍSTICAS GENERALES

El aceite debe ajustarse a la clasificación API-SL, ILSAC GF-5, ACEA A1/B1 y SAE 5W30. El aceite debe tener la certificación actual (donut) del API del país de origen.

El producto no causan efectos adversos en la salud mientras se utilice en las aplicaciones a las que está destinado y se sigan las recomendaciones de la ficha de datos técnicos y de seguridad (MSDS).

Tabla 34. Características fisicoquímicas del aceite para motor de combustión de gasolina.

No.	PROPIEDADES	MÉTODO ASTM	VALORES	UNIDAD
1	Aspecto	D-1524	Limpio	----
2	Color	----	Ámbar	----
3	Densidad a 15,6°C	D-4052	0.9 máximo	kg/m ³
4	Temperatura de Inflamación.	D-92 o D-93	210 mínimo	°C
5	Viscosidad cinemática a 100°C	D-445	Entre 9.3 a 12.5	cSt
6	Viscosidad cinemática a 40 °C	D-445	Entre 60 a 70	cSt
7	Viscosidad a 150 °C (HT / HS)	D-4683 o D-4741	Entre 2.9 y 3.5	mPa.s (cP)
8	Índice de Viscosidad Calculado	D-2270	150 mínimo	----
9	Punto de escurrimiento	D-97	Menor a -27	°C
10	Numero de neutralización (TBN)	D-2896	8.5 Mínimo	mgKOH/g
11	Tendencia a la formación de espuma	D.892	Debe aprobar	----
12	Cenizas Sulfatadas.	D-874	Menor a 0.9	% peso

Fuente: Elaboración propia.

7.1.8. ACEITE PARA DIFERENCIALES AUTOBLOCANTES Y TRANSMISIONES MANUALES

Aceite lubricante para engranajes de tipo hipoidal de ejes diferenciales autoblocantes y automotrices que presentan combinaciones de velocidad y carga severa. El aceite debe contar con la certificación actual (donut) del API del país de origen.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Está formulado con aceite básicos seleccionados y aditivos EP del tipo azufre-fósforo, un conjunto de aditivos que le confieren propiedades anticorrosivos y

antiherrumbre con modificadores de fricción especial que evite el patinado de los discos del diferencial.

Los lubricantes de extrema presión son recomendados para diferenciales autoblocantes, de deslizamiento limitado o tracción positiva empleados principalmente en pick-ups y utilitarios. Por su característica tipo SAE 75W90, API GL-4, MIL-PRF-2105 E mantiene una viscosidad adecuada en alto rango de temperaturas de operación.

Tabla 35. Características fisicoquímicas para transmisiones manuales y diferenciales

No.	PROPIEDADES	MÉTODO	VALORES	UNIDAD
1	Clasificación.	SAE 75W-90, API GL-4, MIL-PRF-2105 E.		
2	Aspecto	D-1524	Limpio	----
3	Densidad a 15,6°C	D-4052	0.9 máximo	g/ml
4	Punto de inflamación, COC	D-92	190 mínimo	°C
5	Punto de escurrimiento	D-97	< -30	°C
6	Viscosidad a 100°C	D 445	Entre 13 - 18	cSt
7	Viscosidad a 40°	D-445	Entre 95 - 115	cSt
8	Índice de Viscosidad Calculado	D-2270	Mayor a 150	----
9	TAN	D-664	Mínimo 2	mg KOH/g

Fuente: Elaboración propia.

7.1.9. CONSIDERACIONES PARA CUANDO SE ADQUIERAN LOS LUBRICANTES.

De esta forma, RECOPE se reserva el derecho de efectuar todos los ensayos físicos y químicos, por medios propios o contratación a terceros, que crea necesarios para comprobar si la grasa se encuentra dentro de los límites establecidos en la presente especificación.

7.1.10. CONDICIONES DE ENTREGA

Grasas

La grasa será entregada en recipientes tipo cartucho de 0.396 kilogramos (14 onzas) de capacidad, herméticamente cerrados, con tapas sellas y de sólida

construcción, de manera que, se garantice su entrega sin averías, pérdidas ni deformaciones que pudieran afectar las características propias del contenido.

Aceites

El aceite será entregada en recipientes herméticamente cerrados, con tapas sellas, con capacidad mínima preferente de 200 litros, de sólida construcción de manera que se garantice su entrega sin averías, pérdidas ni deformaciones que pudieran afectar las características propias del contenido.

Todo envase, ya sea, de grasa o aceite, debe estar perfectamente, identificado en idioma español y como segunda alternativa en idioma inglés, con al menos los siguientes datos:

- Nombre del fabricante
- Marca registrada del producto
- Identificación del producto (Grado de Viscosidad ISO)
- Advertencia de uso para la salud y el medio ambiente (disposición final del envase y del aceite lubricante usado)
- Volumen de producto contenido en el Sistema Internacional de Unidades (SI)
- Número de lote
- País de fabricación

Datos a Suministrar

El oferente posee las fichas técnicas del producto ofertado, así como la hoja de datos de seguridad (MSDS), además, de la información que crea pertinente con el fin de que RECOPE analice y determine si la grasa ofertada cumple con cada característica establecida a través de la presente especificación técnica.

7.2. Apéndice Dos. Instructivo del proceso de aplicación de los lubricantes

	INSTRUCTIVO PARA LA APLICACIÓN DE LOS LUBRICANTES EN LOS EQUIPOS ESTACIONARIOS DEL PLANTEL EL ALTO, RECOPE S.A. DN-XX-XX-XXX	Fecha de aplicación	
		Versión: 1	Página: 1 de 13

INSTRUCTIVO PARA LA APLICACIÓN DE LOS
LUBRICANTES EN LOS EQUIPOS ESTACIONARIOS DEL
PLANTEL EL ALTO, RECOPE S.A.

	INSTRUCTIVO PARA LA APLICACION DE LOS LUBRICANTES EN LOS EQUIPOS ESTACIONARIOS DEL PLANTEL EL ALTO, RECOPE S.A. DN-306-306-306	Fecha de aplicación	
		Versión: 1	Página: 2 de 13

1. Objetivo

El presente instructivo pretende definir las principales tareas que se deben realizar durante la aplicación de los lubricantes en los equipos estacionarios, y así asegurar la conservación de los equipos en condiciones óptimas.

2. Alcance

Este instructivo es una herramienta de inducción y ejecución, dirigida a los técnicos de la Gerencia de Mantenimiento, sobre las buenas prácticas de aplicación de lubricantes en los equipos estacionarios.

3. Justificación

El presente instructivo se basó en recomendaciones de autores de libros en tribología, manuales técnicos de fabricantes de los equipos estacionarios y recomendaciones de diferentes proveedores de lubricantes, con el fin de definir un instructivo que documente el procedimiento para la aplicación de los lubricantes que requieren los equipos estacionarios en el plantel.

4. Responsables

Los responsables de velar por el cumplimiento y comunicación de todos los aspectos definidos en este documento son:

- Jefe del Departamento de Mantenimiento.
- Encargado de Zona de Mantenimiento.
- Encargados de Unidad
- Personal profesional y operativo del Departamento de Mantenimiento.
- Jefes de los Planteles de Distribución.

5. Definiciones

	INSTRUCTIVO PARA LA APLICACION DE LOS LUBRICANTES EN LOS EQUIPOS ESTACIONARIOS DEL PLANTEL EL ALTO, RECOPE S.A. DN-XXX-XXX-XXX	Fecha de aplicación	
		Versión: 1	Página: 3 de 13

- a) RECOPE S.A.: Refinadora Costarricense de Petróleo S.A.
- b) Mantenimiento Preventivo: Una serie de actividades técnicas que conllevan a prevenir fallas o daños a los equipos e instalaciones.
- c) Mantenimiento Correctivo: Actividades que se realizan para corregir fallas o daños en los equipos en instalaciones.
- d) Equipo: Bien o activo que participa en el proceso de producción, distribución y venta de los derivados del petróleo, al cual se le efectúa el mantenimiento.
- e) Instalaciones: Sitio donde se ubican funcionarios y equipos que intervienen en el proceso de mantenimiento.
- f) Orden de Trabajo (OTM): Fórmula que describe las actividades a efectuar a un determinado equipo o instalación.
- g) Fricción: Es la pérdida de energía mecánica durante el inicio, desarrollo y final del movimiento relativo entre dos materiales en contacto.
- h) Lubricación: Tiene el fin de evitar el contacto de dos superficies, por medio de diferentes técnicas y elementos, lo cual hará que disminuya la fricción, el desgaste, las pérdidas de energía y se incremente la vida útil de los equipos.
- i) Bombazo: Operación que consiste en accionar la palanca o brazo de la pistola engrasadora para que salga la grasa.
- j) Prensaestopas: Su propósito es delimitar o eliminar la fuga de fluido de la bomba e impedir la entrada de aire a los espacios de aspiración del eje de la misma. El líquido bombeado se usa para lubricar el sello de prensaestopas.
- k) Sello Mecánico: Elemento que no presenta ningún tipo de fuga e igualmente es lubricado por el mismo fluido que se bombea. Es muy sensible y generalmente se daña porque el fluido bombeado no es muy limpio.

	INSTRUCTIVO PARA LA APLICACION DE LOS LUBRICANTES EN LOS EQUIPOS ESTACIONARIOS DEL PLANTEL EL ALTO, RECOPE S.A. DN-30X-30X-300X	Fecha de aplicación	
		Versión: 1	Página: 4 de 13

l) **Acette:** Toda sustancia líquida de origen animal, vegetal, mineral o sintético que permite separar dos superficies en movimiento relativo, reduciendo el desgaste, refrigerándolas, evacuando contaminantes y protegiéndolas del medio circundante.

m) **Grasa:** Es un producto que puede ir desde sólido hasta semifluido y se obtiene por la dispersión de un agente espesante (jabón metálico) en un líquido lubricante (acette base).

n) **Responsable del equipo:** Funcionario que tiene asignado uno o varios equipos e instalaciones.

o) **Jefe del Departamento:** Funcionario que realiza la planificación, organiza, coordina, direcciona y controla los procesos y actividades de tipo técnico y administrativo del departamento a su cargo.

p) **Encargados de Zona de Mantenimiento:** Funcionario que tiene la responsabilidad de administrar y supervisar al grupo de colaboradores ubicados en cada una de las cinco zonas (Molina, El Alto, La Garita, Barranca y Turmalba) del Departamento de Mantenimiento.

q) **Encargado de Unidad:** Funcionario que coordina, programa, asigna, ejecuta, supervisa y controla las labores propias del proceso de mantenimiento a su cargo.

r) **Equipo estacionario:** Son aquellos activos que por su utilidad, permanecen fijos en el sitio de trabajo.

6. Contenido

El presente documento norma el procedimiento de las tareas a ejecutar en el proceso de lubricación, que son parte del mantenimiento preventivo de los equipos estacionarios relacionados con el proceso de producción, distribución y venta a granel de los derivados del petróleo.

7. Metodología para ejecutar la lubricación de una máquina

	INSTRUCTIVO PARA LA APLICACION DE LOS LUBRICANTES EN LOS EQUIPOS ESTACIONARIOS DEL PLANTEL EL ALTO, RECOPE S.A. DN-XX-XX-XXX	Fecha de aplicación	
		Versión: 1	Página: 5 de 13

7.1. Preparación

7.1.1. Cuando el técnico reciba la OTM, éste procederá a leerla detenidamente.

7.1.2. Identificará en la OTM el punto de lubricación en que va a trabajar, el tipo de lubricante y la cantidad del mismo a utilizar.

7.1.3. El técnico deberá verificar que todas sus herramientas se encuentran limpias y libres de contaminantes que puedan afectar el desempeño del mismo, especialmente los recipientes de trasvase para la aplicación.

7.1.4. También deberá verificar que las herramientas a utilizar concuerden con el código del lubricante que viene especificado en la OTM, según el código de colores utilizado para identificar lubricante. (Anexo 1) Trasvasar solamente la cantidad de lubricante que indica la OTM. En este punto se debe tener especial cuidado en colocar la boquilla del recipiente lo más cerca posible del dispensador de aceite para evitar en lo posible el contacto del aceite con el ambiente. Luego de trasvasado el aceite, se debe tapar inmediatamente el recipiente con su tapa hermética.

7.1.5. El técnico deberá ir al lugar donde se realizará el mantenimiento con las siguientes herramientas:

1. Orden de trabajo.
2. Trapos limpios que no desprendan hilachas.
3. Desengrasante.
4. Brocha.
5. Guantes.
6. Herramientas mecánicas para poder hacer el trabajo en los puntos de lubricación (como desatornilladores, llaves francesas, alicates, etc.).

	INSTRUCTIVO PARA LA APLICACIÓN DE LOS LUBRICANTES EN LOS EQUIPOS ESTACIONARIOS DEL PLANTEL EL ALTO, RECOPE S.A. DN-30X-30X-30X	Fecha de aplicación	
		Versión: 1	Página: 6 de 13

7. Aceiteras, recipientes u pistolas engrasadoras (según la solicitud). Todas estas herramientas tienen que estar debidamente codificadas con los colores del tipo de aceite o grasa a utilizar.
8. Bandeja y recolector para el aceite de desecho.
9. Equipo para control y recolección de derramas.
10. Bolsa para recoger los desechos sólidos que se pudieron haber originado.

7.1.6. Antes de iniciar el trabajo, el técnico debe realizar las siguientes inspecciones y si surge algo relevante anotarlo en la orden de trabajo y reportarlo a su jefe directo:

1. Controlar el nivel y estado del aceite a través de la mirilla, si fuera del caso.
2. Observar la integridad de la grasa, si fuese del caso.
3. Controlar los ruidos inusuales, la vibración y la temperatura de los elementos a lubricar.
4. Verificar que los distintos sellos, prensaestopas y sellos mecánicos no tienen fugas.

7.2. Aplicación

7.2.1. Generalidades

El técnico encargado del mantenimiento preventivo deberá seguir las siguientes instrucciones:

- 7.2.1.1. Informar al encargado de área la ejecución de la OTM.
- 7.2.1.2. Si el equipo estacionario se encuentra en uso, debe detenerlo.
- 7.2.1.3. Si el equipo se enciende remotamente, colocar un aviso en el panel que indique que se encuentra fuera de servicio por mantenimiento.

	INSTRUCTIVO PARA LA APLICACION DE LOS LUBRICANTES EN LOS EQUIPOS ESTACIONARIOS DEL PLANTEL EL ALTO, RECOPE S.A. DN-XX-XX-XXX	Fecha de aplicación	
		Versión: 1	Página: 7 de 13

7.2.1.4. Evitar el contacto con piezas que estén girando.

7.2.1.5. Utilizar solamente piezas de repuesto originales OEM.

7.2.1.6. En caso de que el equipo se encuentre apagado (siempre y cuando se pueda), encenderlo y hacer que trabaje al menos durante 10 minutos, con el fin de que el lubricante se drene más fácilmente.

7.2.1.7. Tener cuidado durante el mantenimiento y emplear procedimientos seguros cuando se manipule, levante, instale, maneje y de servicio al equipo estacionario.

7.2.2. Lubricación por graseras

7.2.2.1. Quitar el tapón de drenaje para la grasa vieja.

7.2.2.2. Limpiar la graseras.

7.2.2.3. Bombear la grasa nueva lentamente hasta que se retire completamente la grasa vieja (se considera que no hay grasa vieja en el rodamiento u acople cuando empieza a salir grasa nueva por el orificio de drenaje). Cuando se requiera un mayor grado de limpieza del rodamiento, ya sea porque funciona en un ambiente demasiado contaminado o porque la grasa se descompuso, aplicar un aceite delgado (ISO 32 o menor) por medio de una aceitera de mano, ya sea quitando la graseras o desmontando la tapa lateral. El aceite lava el jabón de la grasa descompuesta y las impurezas que puedan haber en el interior del rodamiento.

7.2.2.4. Poner en funcionamiento el rodamiento ya que la fuerza centrífuga saca el exceso de grasa nueva que haya. Si se aplicó aceite para la limpieza, dejar en funcionamiento el rodamiento hasta que salga toda la mezcla de aceite y grasa vieja; luego detener, aplicar la grasa nueva y poner nuevamente en funcionamiento para que salga el exceso de grasa. La cantidad que quede en el

	INSTRUCTIVO PARA LA APLICACION DE LOS LUBRICANTES EN LOS EQUIPOS ESTACIONARIOS DEL PLANTEL EL ALTO, RECOPE S.A. DN-XX-XX-XXX	Fecha de aplicación	
		Versión: 1	Página: 8 de 13

rodamiento será con bastante aproximación la cantidad requerida para su correcta lubricación.

7.2.2.5. Limpiar con un trapo el exceso de grasa.

7.2.2.6. Colocar el tapón de drenaje.

7.2.2.7. Cuando el rodamiento se pueda desmontar del soporte y se requiera un mayor grado de limpieza, bajarlo para su limpieza. Esta limpieza se puede realizar en frío o en caliente.

7.2.2.8. Limpieza en frío. En un recipiente limpio se coloca la sustancia de limpieza (keroseno, petróleo refinado o cualquier otro disolvente) y se sumergen los rodamientos para limpiarlos con un pincel o con una brocha, teniendo cuidado de no girarlos y de que ningún pelo del pincel quede adherido al rodamiento.

7.2.2.9. Limpieza en caliente. En un recipiente limpio se coloca suficiente cantidad de un aceite para usos textiles (de un grado ISO 15) y se calienta a 70° C como máximo. Se colocan los rodamientos en este baño y se dejan el tiempo suficiente como para que desprendan los contaminantes y residuos carbonosos que puedan tener.

7.2.3. Lubricación por grasera cuando no se cuenta con tapón para drenaje.

7.2.3.1. Limpiar la grasera.

7.2.3.2. Dosificar la cantidad de grasa bombeada en el reengrase, utilizando la siguiente fórmula.

	INSTRUCTIVO PARA LA APLICACION DE LOS LUBRICANTES EN LOS EQUIPOS ESTACIONARIOS DEL PLANTEL EL ALTO, RECOPE S.A. DN-XX-XX-XXX	Fecha de aplicación	
		Versión: 1	Página: 9 de 13

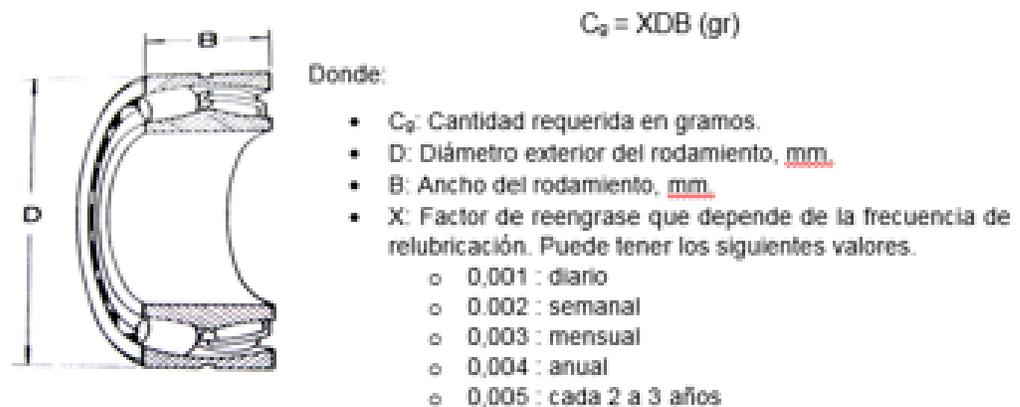


Figura 1. Fórmula para dosificar la cantidad de grasa.

7.2.3.3. Pesar en una báscula a cuantos gramos equivale un bombazo de la bomba engrasadora manual, de esta manera se determinara cuantas veces se debe accionar la bomba engrasadora. La misma debe estar en buenas condiciones, de lo contrario, la cantidad aplicada será muy imprecisa.

7.2.4. Lubricación por aceite

7.2.4.1. Ubique los puntos de llenado, venteo, drenaje y mirilla del nivel de aceite.

7.2.4.2. Limpiar los alrededores de los puntos de lubricación, para evitar el ingreso de posibles partículas al interior del mecanismo.

7.2.4.3. Coloque el recolector de aceite debajo del punto de drenado y tenga especial cuidado de que al interior del depósito, en el equipo, no ingresen tuercas, pernos o arandelas sueltas, polvo, agua u otros materiales extraños.

7.2.4.4. Abrir el punto de ingreso del lubricante.

7.2.4.5. Abrir el punto de drenado. Esperar hasta que la última gota de aceite allá sido drenada.

	INSTRUCTIVO PARA LA APLICACION DE LOS LUBRICANTES EN LOS EQUIPOS ESTACIONARIOS DEL PLANTEL EL ALTO, RECOPE S.A. DN-XX-XX-XXX	Fecha de aplicación	
		Versión: 1	Página: 10 de 13

7.2.4.6. Colocar el aceite desechado en el recipiente destinado para el transporte de aceites de desecho.

7.2.4.7. Tapar el orificio de drenado.

7.2.4.8. Llenar lentamente con el aceite que corresponda, verificando que éste concuerde con el aceite que indica la OTM, el aceite que indica el código de colores adherido en el equipo y los recipientes de trasvase. El aceite debe ser vertido acercando lo más posible la boquilla del recipiente que contiene el aceite al orificio para llenado.

7.2.4.9. Se debe de llenar hasta la cantidad precisa que indica el nivel de aceite del equipo. Si el nivel se sobrepasa, se produce una agitación adicional, debido a un mayor salpique, provocando un aumento en el volumen de aceite entre las partes, lo cual causa una mayor fuerza de cizalladura, incrementando la fricción fluida y por consiguiente aumentando la temperatura de operación. Un bajo nivel de aceite da lugar a la fricción sólida, elevación de la temperatura, desgaste adhesivo y por último en abrasivo.

7.2.4.10. Cerrar el depósito con la tapa correspondiente.

7.2.4.11. Verificar el nivel de aceite cuando el lubricante esté cerca de su temperatura de operación, a fin de obtener lecturas del nivel de aceite que sean exactas

7.2.4.12. Verificar que el venteo no se encuentra obstruido.

7.2.4.13. Revisar los empaques y los retenedores.

7.2.4.14. Limpiar todo el equipo siempre y cuando no se comprometa la integridad del mismo o pueda corroer la pintura. Utilice desengrasante, trapo limpio y brocha.

7.2.4.15. Informar al encargado del área que se terminó el mantenimiento y retirar letreros en el tablero de encendido.

	INSTRUCTIVO PARA LA APLICACION DE LOS LUBRICANTES EN LOS EQUIPOS ESTACIONARIOS DEL PLANTEL EL ALTO, RECOPE S.A. DN-XX-XX-XXX	Fecha de aplicación	
		Versión: 1	Página: 11 de 13

7.2.4.16. Precaución antes de poner en marcha la bomba, se debe inspeccionar que los sistemas de enfriamientos, como los de la lubricación de los rodamientos y los sistemas de sellos mecánicos, estén funcionando de manera adecuada para evitar la generación excesiva de calor o chispas y fallas prematuras.

7.2.4.17. Verificar que el equipo entró a funcionar correctamente y que no se escuchan ruidos extraños, un aumento en la temperatura anormal o exceso de vibraciones.

7.2.5. Reemplazo de la empaquetadura del prensaestopas

7.2.5.1. Quitar las tuercas, los pernos y el casquillo.

7.2.5.2. Retirar los anillos retenedores de empaquetadura viejos y descartarlos. Notar la ubicación del anillo de cierre hidráulico (interna). Cuando se vuelva a colocar la empaquetadura del prensaestopas, el anillo de cierre hidráulico debe quedar colocado de forma tal que la conexión de sello de agua quede opuesta al anillo.

7.2.5.3. Limpiar el prensaestopas.

7.2.5.4. Inspeccionar desgaste en el manguito del eje, si está rayado o rasurado, cambiarlo.

7.2.5.5. Asegurarse que el buje (si se suministra) del prensaestopas esté apoyado en el fondo del prensaestopas.

7.2.5.6. Insertar los anillos retenedores de empaquetadura y golpearlos suavemente para asentarlos contra el buje. Asegurarse que los anillos sean del tamaño y longitud correctos y que queden colocados con los cortes escalonados. El anillo de cierre hidráulico (interna) debe quedar en sentido contrario a la conexión de agua de sellado.

	INSTRUCTIVO PARA LA APLICACION DE LOS LUBRICANTES EN LOS EQUIPOS ESTACIONARIOS DEL PLANTEL EL ALTO, RECOPE S.A. DN-XX-XX-XXX	Fecha de aplicación	
		Versión: 1	Página: 12 de 13

7.2.5.7. Con la bomba funcionando, ajustar el casquillo gradualmente para que la empaquetadura mantenga la cantidad requerida de fuga.

7.3. Final del proceso

7.3.1.1. Evitar pasar por alto o dejar inoperante ninguna defensa o dispositivos protectores.

7.3.1.2. Evitar los derrames de lubricantes al suelo.

7.3.1.3. Los lubricantes desechados deben ser colocados en los contenedores respectivos para su eliminación.

7.3.1.4. Se deben limpiar todos los recipientes y herramientas utilizados durante la ejecución de la orden de trabajo.

8. Referencias

- ✓ DN-08-02-002 Instructivo para el recorrido de las Órdenes de Trabajo Mayor Preventivas.
- ✓ DN-08-03-001 Instructivo para el Mantenimiento de Equipos e Instalaciones del Departamento de Mantenimiento de la Gerencia de Mercadeo y Distribución.

9. Elaboración

William Vinicio Hernández Gómez

Practicante del ITCR.

10. Anexos.

	INSTRUCTIVO PARA LA APLICACION DE LOS LUBRICANTES EN LOS EQUIPOS ESTACIONARIOS DEL PLANTEL EL ALTO, RECOPE S.A. DN-XXX-XXX-XXX	Fecha de aplicación	
		Versión: 1	Página: 13 de 13

Tabla 1. Clasificación de Lubricantes.

DESCRIPCIÓN DE LUBRICANTE.	CÓDIGO DE COLORES.
Grasa alta temperatura.	Grasa Alta Temperatura. 
Grasa Multipropósito.	Grasa Multipropósito. 
Grasa para rodamientos.	Grasa Para Rodamientos. 
Aceite industrial ISO 68	Aceite Industrial 
Aceite motor de combustión gasolina. SAE 15W40	Aceite Motor Gasolina. 
Aceite motor de combustión diésel. SAE 15W40	Aceite Motor Diésel 
Aceite para diferenciales autoblocantes. SAE 85W-90	Caja y diferencial 
Aceite para engranajes.	Reductores, motoredutores 

CAPÍTULO VIII

8. ANEXOS

8.1. ANEXO UNO. Muestra de una Orden de Trabajo

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
Listado de Inspecciones - Mantenimiento Preventivo

Unidad: EA-AUT El Alto Automotriz
Tipo Mto: PR-AUT Preventivo Automotriz
Centro de Costo: 344208

Orden #: 26040

Sección: EA		El Alto	
Area: UT		Mantenimiento-EA Unidad Transportes	
Equipo: 308-168		Vehículo Liviano 308-168	
Parte: 308-168		Vehículo Liviano 308-168	
Ubicación: 308-168		Manual:	Plano:
Sub-Parte:			
Plan de Mto.	VH-LIDI08	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL	
Inspección	Fecha	Frec.	ESTADO
		Paro	BU MA RZ NA
		Lubricante	
		Método	
		Personal	
VH-LIDI08-01	12/09/2014	60	
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL MOTOR Cambiar aceite y los filtros de aceite, aire y combustible. C.S.E.N. (Cambiar Si Es Necesario).		/
VH-LIDI08-02	12/09/2014	60	
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Cambiar el agua del radiador. Agregar anticongelante (Cooland) C.S.E.N.		/
VH-LIDI08-03	12/09/2014	60	
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Limpiar los bornes, gasas y revisar gravedad específica del electrolito de la batería. Rellenar si es necesario.		/
VH-LIDI08-04	12/09/2014	60	
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar el estado de las bujías de precalentamiento. C.S.E.N.		/
VH-LIDI08-05	12/09/2014	60	
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar el estado del sistema de escape y reparar si es necesario.		/
VH-LIDI08-06	12/09/2014	60	
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Corroborar el funcionamiento de la bomba de inyección.		/
VH-LIDI08-07	12/09/2014	60	
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar el tiempo de encendido del motor, si presenta anomalías.		/
VH-LIDI08-08	12/09/2014	60	
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar si existen fugas de aceite, agua o combustible. Corregir si es necesario.		/
VH-LIDI08-09	12/09/2014	60	
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Lavar externamente el motor.		/

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
Listado de Inspecciones - Mantenimiento Preventivo

Unidad: EA-AUT El Alto Automotriz
Tipo Mto: PR-AUT Preventivo Automotriz
Centro de Costo: 344208

Orden #: 26040

Sección: EA	El Alto									
Area: UT	Mantenimiento-EA Unidad Transportes									
Equipo: 308-168	Vehículo Liviano 308-168									
Parte: 308-168	Vehículo Liviano 308-168									
Ubicación: 308-168	Manual:	Plano:								
Sub-Parte:										
Plan de Mto.	VH-LIDI08	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL		ESTADO						
Inspección	Fecha	Frec.	Paro	Lubricante	Método	Personal	BU	MA	RZ	NA
VH-LIDI08-10	12/09/2014	60								
FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Realizar medición de los gases de escape del vehículo. De ser necesario, reajustar la combustión en el motor hasta alcanzar valores que están dentro de los rangos permitidos por la ley de tránsito vigente. Adjuntar reporte de registro de emisiones y conformidad correspondiente. Si no hay equipo en Recope contratar para tener la certificación respectiva.										
VH-LIDI08-11	12/09/2014	60								
FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL REFRIGERACION DEL MOTOR Revisar el estado de la faja del abanico. C.S.E.N. (Cambiar Si Es Necesario).										
VH-LIDI08-12	12/09/2014	60								
FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar el estado de las mangueras y tapón del radiador. C.S.E.N.										
VH-LIDI08-13	12/09/2014	60								
FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar el estado del termostato. Cambiar o instalar si es necesario.										
VH-LIDI08-14	12/09/2014	60								
FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar y limpiar prefiltros de la bomba de inyección. C.S.E.N.										
VH-LIDI08-15	12/09/2014	60								
FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL SISTEMA DE CHASIS Y CARROCERIA Revisar estado de chasis, soportes de carrocería. Reportar posibles daños.										
VH-LIDI08-16	12/09/2014	60								
FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar estado de la carrocería, cerraduras, vidrios, empaques, bisagras, recibidores, seguros de puertas, manillas, cerraduras de compuerta en las unidades que sea posible. C.S.E.N.										
VH-LIDI08-17	12/09/2014	60								
FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar estado de los espejos y sus soportes (tanto interna como externamente).										

Centro de Costo: 344208

Orden #: 26040

Sección: EA	El Alto									
Area: UT	Mantenimiento-EA Unidad Transportes									
Equipo: 308-168	Vehículo Liviano 308-168									
Parte: 308-168	Vehículo Liviano 308-168									
Ubicación: 308-168	Manual:	Plano:								
Sub-Parte:										
Plan de Mto.	VH-LIDI08	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL		ESTADO						
Inspección	Fecha	Frec.	Paro	Lubricante	Método	Personal	BU	MA	RZ	NA
VH-LIDI08-18	12/09/2014	60								
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Verificar estado de los hules de los pedales. C.S.E.N.							✓		
VH-LIDI08-19	12/09/2014	60								
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar el estado de los cinturones. En caso de no tener instalarlos, y cambiar aquellos en mal estado.							✓		
VH-LIDI08-20	12/09/2014	60								
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL SISTEMA DE SUSPENSION Revisar el estado de las rótulas, resortes helicoidales, hules de ballesta, hules en tensoras, barra de torsión, hules y bujes de barra estabilizadora. En los vehículos equipados con suspensión independiente, constatar el soporte de la tensora de la tijereta, así como el bushing. C.S.E.N.							✓		
VH-LIDI08-21	12/09/2014	60								
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar el estado de las gazas de resorte, tornillos de centro y soportes fijos. C.S.E.N.							✓		
VH-LIDI08-22	12/09/2014	60								
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar el estado de los amortiguadores (desmontarlos para su debida comprobación). Verificar sus hules y anclaje. C.S.E.N. Para el caso de vehículos equipados con amortiguadores (compensadores) de dirección, realizar el mismo procedimiento.							✓		
VH-LIDI08-23	12/09/2014	60								
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL SISTEMA DE DIRECCION Revisar el estado de las rótulas, que comprende rótulas de barra de trapecio, barras de acoplamiento.							✓		
VH-LIDI08-24	12/09/2014	60								
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar en la caja de dirección fugas, y ajuste. Reportar daños.							✓		
VH-LIDI08-25	12/09/2014	60								
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar el estado y nivel de aceite de la caja de dirección. Rellenar C.S.E.N							✓		

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
Listado de Inspecciones - Mantenimiento Preventivo

Unidad: EA-AUT El Alto Automotriz
Tipo Mto: PR-AUT Preventivo Automotriz
Centro de Costo: 344208

Orden #: 26040

Sección: EA		El Alto								
Area: UT		Mantenimiento-EA Unidad Transportes								
Equipo: 308-168		Vehículo Liviano 308-168								
Parte: 308-168		Vehículo Liviano 308-168								
Ubicación: 308-168		Manual:	Plano:							
Sub-Parte:										
Plan de Mto.	VH-LIDI08	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL		ESTADO						
Inspección	Fecha	Frec.	Paro	Lubricante	Método	Personal	BU	MA	RZ	NA
VH-LIDI08-26	12/09/2014	60								
FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar estado de la unión de barra de acople de la caja al volante. En caso de que no tenga union, revisar el estado del acoplamiento.							/			
VH-LIDI08-27	12/09/2014	60								
FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar en el sistema de dirección hidráulico, el estado del depósito, filtro, faja, bomba, tuberías, mangueras. C.S.E.N.							/			
VH-LIDI08-28	12/09/2014	60								
FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar el estado de las chanelas, específicamente fugas, roles, ajuste engrase. Reparar o C.S.E.N.										/
VH-LIDI08-29	12/09/2014	60								
FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL SISTEMA DE TRANSMISION Y RODAJE Revisar roles de bocinas cada 20.000 kilómetros, así como los sellos, camisas C.S.E.N. Kilometraje de cambio y/lr Serv. _____ Kilometraje proxima revisión y/lr Serv. _____										/
VH-LIDI08-30	12/09/2014	60								
FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar pines y bushings de los Nabos.										/
VH-LIDI08-31	12/09/2014	60								
FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar el estado de las puntas de eje "Punta Homosinélicas". Además, verificar el juego de rueda libre, engrasar, balineras, cobertores, seguros, tuercas. En caso necesario.							/			
VH-LIDI08-32	12/09/2014	60								
FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Comprobar alineado y balanceo. C.S.E.N.							/			
VH-LIDI08-33	12/09/2014	60								
FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar uniones de barra de transmisión, así como alineamiento de cruces, rol intermedio, soportes, frezado.							/			

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
Listado de Inspecciones - Mantenimiento Preventivo

Unidad: EA-AUT El Alto Automotriz
Tipo Mto: PR-AUT Preventivo Automotriz
Centro de Gasto: 344208

Orden #: 26040

Sección: EA	El Alto										
Area: UT	Mantenimiento-EA Unidad Transportes										
Equipo: 308-168	Vehículo Liviano 308-168										
Parte: 308-168	Vehículo Liviano 308-168										
Ubicación: 308-168	Manual:	Plano:									
Sub-Parte:											
Plan de Mto.	VH-LIDI08	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL		ESTADO							
Inspección	Fecha	Frec.	Paro	Lubricante	Método	Personal	BU	MA	RZ	NA	
VH-LIDI08-34	12/09/2014	60									
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar estado de aceite de aceite de transmisión en caja, tranfer, diferencial. C.S.E.N.										
VH-LIDI08-35	12/09/2014	60									
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar juego de roles, eje trasero; así como sellos, fugas.										
VH-LIDI08-36	12/09/2014	60									
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL SISTEMA ELECTRICO Revisar juego de roles, eje trasero; así como sellos, fugas. C.S.E.N. cada 20.000 km kilometraje de cambio _____ kilometraje de próximo cambio _____										
VH-LIDI08-37	12/09/2014	60									
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar el estado del alternador, ruidos anormales y corroborar sistema de carga (amperaje).										
VH-LIDI08-38	12/09/2014	60									
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar el estado del motor de arranque, corroborar funcionamiento.										
VH-LIDI08-39	12/09/2014	60									
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar el funcionamiento de todos los indicadores del dash; asegurarse que los bombillos de cada instrumento estén bien.										
VH-LIDI08-40	12/09/2014	60									
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar el estado de los faroles delanteros y traseros, corroborar que encienda el bombillo de cada uno con la intensidad adecuada; y que además, se toma en cuenta los faroles de carrosería "Adra".										
VH-LIDI08-41	12/09/2014	60									
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar el estado de los faroles delanteros y traseros, y sistema de luces en general. Tal como luz de placa, freno, luz de parque, direccionales, luz de emergencia, luces de alta y baja etc., así como el interruptor de encendido.										

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
Listado de Inspecciones - Mantenimiento Preventivo

Unidad: EA-AUT El Alto Automotriz
Tipo Mto: PR-AUT Preventivo Automotriz
Centro de Costo: 344208

Orden #: 26040

Sección: EA		El Alto	
Área: UT		Mantenimiento-EA Unidad Transportes	
Equipo: 308-168		Vehículo Liviano 308-168	
Parte: 308-168		Vehículo Liviano 308-168	
Ubicación: 308-168		Manual:	Plano:
Sub-Parte:			
Plan de Mto.	VH-LIDI08	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL	
Inspección	Fecha	Frec.	Paro
			Lubricante
			Método
			Personal
			ESTADO
			BU
			MA
			RZ
			NA
VH-LIDI08-42	12/09/2014	60	
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL		
	Revisar estado de la pitorreta, radio, antena, y luz rotativa al vehículo que la posee.		✓
VH-LIDI08-43	12/09/2014	60	
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL		
	SISTEMA DE FRENOS		
	Chequear, funcionamiento del booster, mangueras y ver fugas en bomba principal.		✓
VH-LIDI08-44	12/09/2014	60	
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL		
	Revisión del estado de frenos, pastillas, zapatas, puntos de sujeción, así como fugas en bombas y tuberías, estado de mangueras, sellos y guarda polvo; cambiar en caso necesario. Ajustar el frenado y comprobar en carretera.		✓
VH-LIDI08-45	12/09/2014	60	
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL		
	Revisar el mecanismo del freno de estacionamiento y ajustar si es necesario.		✓
VH-LIDI08-46	12/09/2014	60	
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL		
	SISTEMA DE EMBRAGUE		
	Revisar el estado de la bomba principal del embrague (Clutch), y verificar si existen fugas externas e internas. Ajustar juego de rol de empuje.		✓
VH-LIDI08-47	12/09/2014	60	
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL		
	Revisar el estado del sistema de mecanismo por cable y articulaciones.		✓
VH-LIDI08-48	12/09/2014	60	
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL		
	SISTEMA DE CONTADOR		
	Revisión del Odómetro. Reportar el dato de kilometraje. Reportar anomalías en caso necesario. (262518)		✓
VH-LIDI08-49	12/09/2014	60	
	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL		
	Revisar y reportar estado etiqueta código de barras		✓

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
Listado de Inspecciones - Mantenimiento Preventivo

Unidad: EA-AUT El Alto Automotriz
Tipo Mto: PR-AUT Preventivo Automotriz
Centro de Costo: 344208

Orden #: 26040

Sección: EA	El Alto									
Area: UT	Mantenimiento-EA Unidad Transportes									
Equipo: 308-168	Vehículo Liviano 308-168									
Parte: 308-168	Vehículo Liviano 308-168									
Ubicación: 308-168	Manual: Plano:									
Sub-Parte:										
Plan de Mto. VH-LIDI08	FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL									
Inspección	Fecha	Frec.	Paro	Lubricante	Método	Personal	ESTADO			
							BU	MA	RZ	N.
VH-LIDI08-50	12/09/2014	60				1				
FICHA DE INSPECCION DE VEHICULOS LIVIANOS DIESEL Revisar y reportar estado etiqueta código de barras										
Trabajo Realizado										

Fecha Inicio: 22-9-14 Hora Inicio: 7:00am
 Fecha Final: 24-9-14 Hora Final: 3:00pm Duración Total: 18 Horas 00 Minutos
 Operario Ejecutor: Kevin Méndez Zamora Firma: [Firma]
 Operario Ejecutor: Guillermo Hernández González Firma:

Recibido Conforme: Firma: Fecha:
 Supervisor: Edejan Montoya B Firma: Fecha:
 Nombre: Edejan Montoya B
 Firma: [Firma]
 Fecha: 02-10-2014



Fuente: RECOPE (2015)

8.2. ANEXO DOS. Cuestionario para auditoría

Auditoría del plan actual de lubricación.

Cuestionario para evaluar el programa de lubricación actual.

Indique su evaluación en cada una de las casillas.

Respuesta positiva	√
Respuesta negativa	X

I. ESTANDARIZACIÓN:

1. Se cuenta con una especificación general de lubricantes.
2. Seleccione de la siguiente lista la información incluida en las especificaciones
 - a. Clasificación interna parte de algún plan de lubricación.
 - b. Marca.
 - c. Grado (SAE / ISO / NLGI).
 - d. Normas (API, otros).
 - e. Aplicación.
3. Las especificaciones están en formato digital.
4. Se cuenta con registro histórico mayor a 2 años de lubricantes usados
5. Existe una tabla de equivalencias para consulta de los usuarios.
6. Se mantiene un registro de hojas técnicas de los lubricantes.
7. Al ser adquirido un lubricante se solicita al proveedor la respectiva hoja técnica.
8. Se mantiene un registro de hojas de MSDS (Material Safety Data Sheet).
9. Al adquirir el lubricante se solicita al proveedor la respectiva hoja MSDS.
10. ¿Qué criterio se usa fundamentalmente para seleccionar y estandariza lubricante?
 - a. Son comparados y seleccionados de acuerdo al desempeño.
 - b. Se hace con base en las certificaciones suplidas por el proveedor.
 - c. La selección se hace fundamentalmente basado en costo.
 - d. Se ha hecho poco esfuerzo por la estandarización de los lubricantes.
11. La especificación técnica para compra de lubricantes los define. (selección única)
 - a. Departamento de mantenimiento.
 - b. Almacén
12. La compra de lubricantes se basa en.
 - a. Existencias.
 - b. Rotación de inventario.
 - c. Demanda programada.
 - d. Tiempo de aribo.

Subtotal

II. ALMACENAMIENTO:

1. De la siguiente lista seleccione las características que reúne el bodegaje.

ALMACÉN.

- a. Bajo techo y protegido de materiales contaminantes.
- b. Recipientes sobre tarimas y en orden.
- c. Recipientes tapados y limpios.
- d. Estibados de acuerdo con las regulaciones correspondientes.
- e. Facilidad para manejo de derrames.
- f. Ventilación adecuada.
- g. Cumple requerimientos para prevención de incendios y accidentes.
- h. Debidamente etiquetados.

TALLER MECÁNICO.

- a. Separado de áreas de trabajo y movimiento equipo.
- b. Bajo techo y protegido de materiales contaminantes.
- c. Recipientes sobre tarimas y en orden.
- d. Recipientes tapados y limpios.
- e. Facilidad para manejo de derrames.
- f. Ventilación adecuada.
- g. Cumple requerimientos para prevención de incendios y accidentes.
- h. Debidamente etiquetados.
- i. Recipientes adecuados para desecho.
- j. Se utiliza el equipo de dispensado adecuado y limpio.

TALLER AUTOMOTRIZ.

- a. Separado de áreas de trabajo y movimiento equipo.
- b. Bajo techo y protegido de materiales contaminantes.
- c. Recipientes sobre tarimas y en orden.
- d. Recipientes tapados y limpios.
- e. Facilidad para manejo de derrames.
- f. Ventilación adecuada.
- g. Cumple requerimientos para prevención de incendios y accidentes.
- h. Debidamente etiquetados.
- i. Recipientes adecuados para desecho.
- j. Se utiliza el equipo de dispensado adecuado y limpio.

2. De la siguiente lista seleccione la información que se incluye en el control de inventario

- a. Código del RECOPE.
- b. Fecha de ingreso.
- c. Cantidad de ingreso.
- d. Fecha de despacho.
- e. Cantidad de despacho.
- f. Dependencia a la que se le entrego.

3. Se utiliza equipo adecuado para mover los tambores.

4. ¿Se despacha de acuerdo a la técnico primero entra primero sale?

5. El manejo de desechos cumple con las regulaciones sanitarias y ambientales correspondientes.

6. Se toma muestras de aceite para verificar tipo, pureza y contaminación.

7. Los aceites que superan los dos años de almacenamiento se muestrean antes de ser utilizados.

Subtotal

--

III. ENTRENAMIENTO

1. Se aplica un módulo de capacitación básica dirigida a operadores, administradores de equipos y técnicos de mantenimiento.
2. Existe un módulo de capacitación para la toma de muestras.
3. Existe un programa de certificaciones de técnicos de lubricación.
4. Cada módulo de capacitación se repite al menos una vez al año.
5. Se tiene un técnico dedicado a la lubricación.
6. Cuál de las siguientes opciones describe mejor el compromiso de la administración con el plan de lubricación.
 - a. Es necesaria pero no se le da la importancia que debe.
 - b. Está abierta a nuevas ideas y sugerencias, pero los recursos son limitados.
 - c. Se debe explicar los beneficios en el desarrollo y ejecución de un plan de lubricación
7. Cuál de las siguientes opciones describe mejor el nivel de entrenamiento del personal encargado de la lubricación.
 - a. Los técnicos ha recibido entrenamiento y educación en el área de fundamentos de lubricación.
 - b. El entrenamiento al personal ha sido escaso. Se tiene la expectativa de mejorar el nivel de capacitación.
 - c. El personal técnico no ha recibido entrenamiento

Subtotal

--

IV. ADMINISTRACIÓN DEL PROGRAMA.

1. Se cuenta con un listado actualizado de activos.
2. Seleccione que información se encuentra en el listado de activos:
 - a. Tipo de lubricante
 - b. Cantidad.
 - c. Frecuencia de cambio.
3. El listado está en formato digital
4. Se cuenta con un control de Kilometros y horas según el activo
5. El control se actualiza:
 - a. Semanal o menor
 - b. Bisemanal
 - c. Mayor a 2 semanas
 - d. No se actualiza.
6. Se cuenta con un control maestro de la lubricación (hoja electrónica, pizarra, etc).
7. Se realiza análisis periódico de:
 - a. Rendimientos.
 - b. Consumo.
 - c. Índices.
8. Todos los equipos tienen su respectiva colilla de lubricación.
9. Hay personal responsable del mantenimiento de colillas.

--

Subtotal

--

V. PROCEDIMIENTOS / DOCUMENTACIÓN.

- | | |
|---|--------------------------|
| 1. Existe un manual de lubricación. | <input type="checkbox"/> |
| 2. Existe un procedimiento escrito para: | <input type="checkbox"/> |
| a. Muestreo. | <input type="checkbox"/> |
| b. Actualización de colillas. | <input type="checkbox"/> |
| c. Actualización de tarjetas. | <input type="checkbox"/> |
| e. Registro de información. | <input type="checkbox"/> |
| f. Servicio de lubricación (cambios y reengrase de lubricantes) | <input type="checkbox"/> |
| Subtotal | <input type="checkbox"/> |

VI. ANÁLISIS DE LUBRICANTES.

- | | |
|--|--------------------------|
| 1. El plan de muestreo está actualizado y se ejecuta como se debe. | <input type="checkbox"/> |
| 2. Semuestra el 100% de los activos listados. | <input type="checkbox"/> |
| 3. Existe un registro histórico de los resultados del laboratorio. | <input type="checkbox"/> |
| 4. Se da seguimiento en campo ó taller a los resultados del laboratorio. | <input type="checkbox"/> |
| 5. Se implementa las recomendaciones del laboratorio. | <input type="checkbox"/> |
| 6. Los contenedores para muestreo se mantienen en un área limpia. | <input type="checkbox"/> |
| Subtotal | <input type="checkbox"/> |

VII. CALIDAD DEL SERVICIO.

- | | |
|--|--------------------------|
| 1. Se revisa periódicamente la correcta operación y estado de las pistolas engrasadoras. | <input type="checkbox"/> |
| 2. Al realizar una tarea de lubricación, está indicada la cantidad específica de grasa. | <input type="checkbox"/> |
| 3. Se limpian los puntos de engrase antes de realizar la tarea. | <input type="checkbox"/> |
| 4. El técnico conoce la cantidad de grasa que dispensan las engrasadoras. | <input type="checkbox"/> |
| 5. Los puntos de lubricación están etiquetados con la cantidad y tipo de lubricante. | <input type="checkbox"/> |
| 6. Las pistolas engrasadoras se guardan en lugares limpios y secos. | <input type="checkbox"/> |
| 7. El técnico conoce que diferentes tipos de grasas pueden ser incompatibles. | <input type="checkbox"/> |
| Subtotal | <input type="checkbox"/> |

VIII. CALIDAD DEL SERVICIO.

- | | |
|---|--------------------------|
| 1. Los contenedores que presentan fugas ó derrames son removidos del área y el producto regado es limpiado. | <input type="checkbox"/> |
| 2. Se sigue los procedimientos para hacer tareas de lubricación. | <input type="checkbox"/> |
| 3. Se cuenta con el equipo para el control de incendios en áreas de almacenamiento. | <input type="checkbox"/> |
| 4. Las hojas de MSDS están disponibles en el área de trabajo. | <input type="checkbox"/> |
| 5. Se ocupa el equipo adecuado para el movimiento de los tambores. | <input type="checkbox"/> |
| Subtotal | <input type="checkbox"/> |

Fuente: Chaves, J. (2013).

8.3. ANEXO TRES. Código de identificación de lubricantes

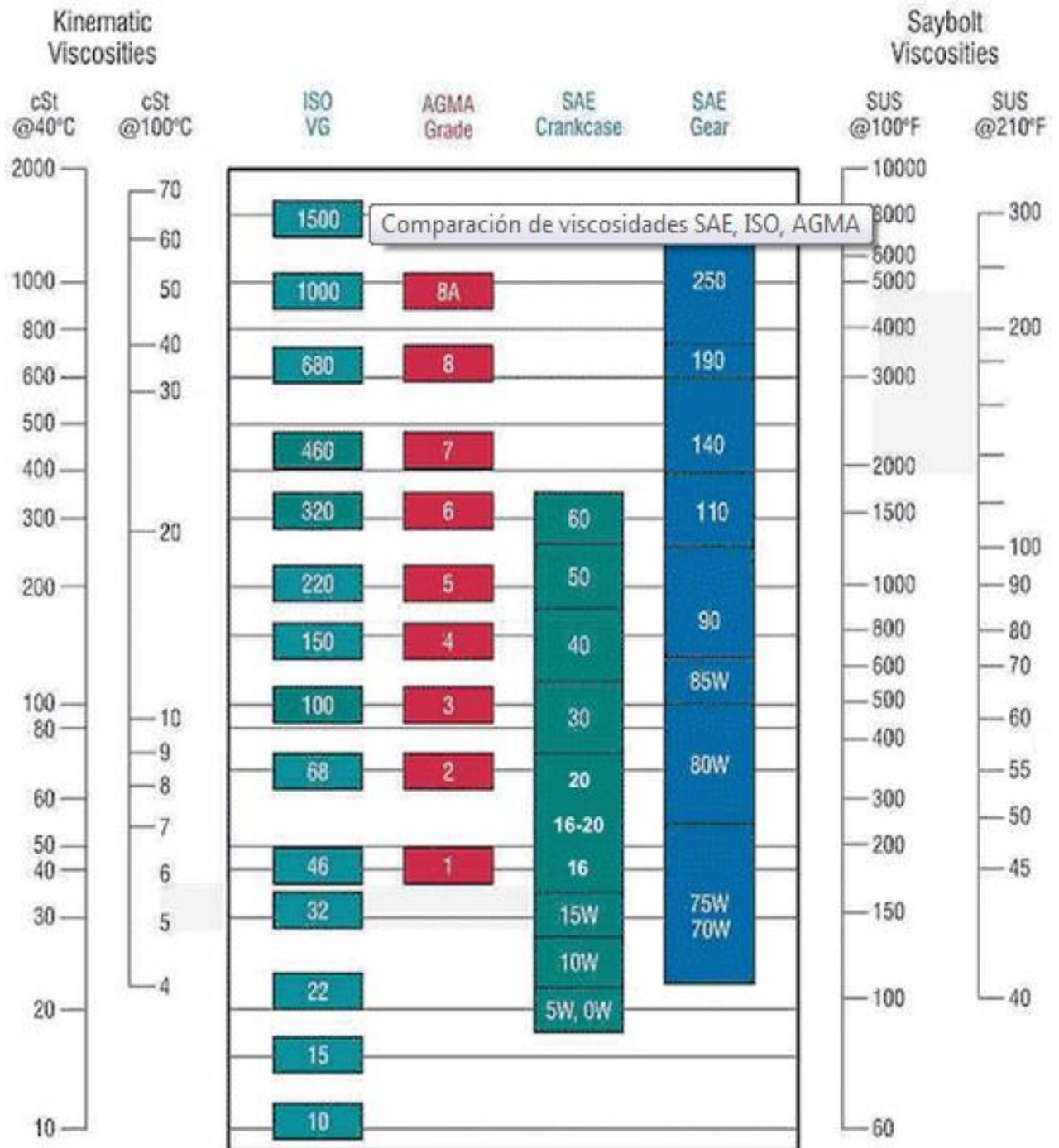
Tabla 36. Código Internacional de Colores para Identificación de Lubricantes.

Tipo de Lubricante		Color para identificación del aceite	Color del nombre del aceite	Color del círculo	Color del número del círculo
ACEITE	GRASA				
Turbinas de vapor hidráulicas y gas		amarillo	negro	negro	amarillo
Reductores, motorreductores		blanco	rojo	rojo	blanco
Bombas centrífugas y alternativas		morado	blanco	blanco	morado
Sistemas hidráulicos		verde oscuro	blanco	blanco	verde oscuro
Compresores (alternativos, tornillo, lóbulos, paletas deslizantes y centrífugas) de aire		rojo	blanco	blanco	rojo
Compresores de refrigeración y otros gases		naranja	blanco	blanco	naranja
Cilindros de vapor y a plena pérdida		gris oscuro	blanco	blanco	gris oscuro
Transferencia de calor, dieléctricos		negro	amarillo	amarillo	negro
Motores de combustión interna		azul oscuro	blanco	blanco	azul oscuro
Caja y diferencial		verde esmeralda	negro	negro	verde esmeralda
Transmisiones automáticas		azul claro	negro	negro	azul claro
	Multipropósito	crema	negro	negro	crema
	Altas temperaturas	gris claro	negro	negro	gris claro
	Sintéticas	vino tinto	blanco	blanco	vino tinto
Lubricante de película sólida		café	amarillo	amarillo	café

Fuente: Albarracín (2006)

8.4. ANEXO CUATRO. Comparación de viscosidades

Tabla 37. Tabla comparativa de viscosidades.



Fuente: Widman, R. (2015)