ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Diseño E Implantación De Un Plan De Lubricación Para Máquinas Y Equipos"

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por

Juan Carlos Farías Meza

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2008

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios primeramente por ser mi inspiración, mi sustento y mi fortaleza a lo largo de mi carrera, a mis pastores por darme la guía para ser una mejor persona en este mundo, a mis hermanos por su apoyo en todo momento, a mis padres por apoyarme todos los días para formarme como un profesional, al Ingeniero Ernesto Martínez por su ayuda y colaboración en la elaboración de esta tesis y a la empresa Doltrex S.A. por permitirme elaborar mi trabajo en sus máquinas y equipos.

DEDICATORIA

Al Padre, a Jesucristo y al Espíritu Santo por su gracia y amor a lo largo de mi vida, a mi iglesia Nueva Cosecha Compañerismo Cristiano por mostrarme que si existe el verdadero amor y compañerismo de corazón, a mis padres y familia por su incondicional apoyo, a mi novia y futura esposa Verónica Escudero por estar siempre a mi lado y por darme amor, incentivo y colaboración a lo largo de mi carrera universitaria y elaboración de la tesis.

RESUMEN

En el presente trabajo se elabora lo que es un plan de lubricación de las maquinarias y equipos principales, una parte muy importante del mantenimiento preventivo, de la empresa Doltrex S.A., una planta que se dedica a la elaboración de compuesto de PVC, extensiones eléctricas y armadores anodizados.

En el primer capítulo se trata acerca de la situación actual de la empresa en planta, es decir, cuántas zonas de producción existen, quiénes son los responsables de las áreas, cuántos trabajadores hay, qué máquinas hay en cada sección de producción, que hace cada máquina y como se ha estado llevando la lubricación en las máquinas y equipos principales.

En el segundo capítulo se elabora una introducción teórica en lo que respecta a la rama de la lubricación, es decir, conceptos básicos, tipos de lubricación, tipos de lubricantes, normas utilizadas para llevar a cabo la lubricación, propiedades de los lubricantes, aditivos que utilizan los lubricantes para mejorar sus propiedades.

En el tercer capítulo se trata acerca de las consideraciones para llevar a cabo el plan de lubricación, es decir, los análisis de los procedimientos de lubricación actuales y corregir lo que no está acorde a las recomendaciones

del fabricante, analizar los lubricantes que se han estado usando, cuestionamientos al jefe de planta, supervisor y los operadores de cantidades y períodos de lubricación en las máquinas y equipos principales. Se trata acerca de criterios para poder seleccionar aceites y grasas lubricantes. Se explican también las ventajas y desventajas de llevar a cabo un plan de lubricación correctamente y en el tiempo indicado con las cantidades correctas de lubricante.

En el cuarto capítulo se trata acerca del diseño del plan de lubricación, considerando las tareas, cantidades y periodos de lubricación en base a los manuales de los fabricantes de las máquinas y los trabajos hechos actualmente en planta, las herramientas a utilizar para cada tarea, estimaciones del tiempo de trabajo, tipos de lubricante a utilizar. También se procede a estandarizar los lubricantes, los cuales estarán en una tabla con su código y las diversas marcas en las cuales los pueden adquirir.

En el quinto capítulo se darán las conclusiones del trabajo aplicado en planta, y las recomendaciones para poder llevar a cabo con éxito y sin inconvenientes el plan de lubricación en la planta de DOLTREX S.A.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN…….....I

ÍNDICE GENERAL……III

ABREVIATURAS……...VIII

ÍNDICE DE FIGURAS……X

ÍNDICE DE TABLAS……XII

INTRODUCCIÓN……1

CAPÍTULO 1

1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA……3

1.1 Descripción de la planta de producción……..4

1.1.1 Sección de PVC……..6

1.1.2 Sección de extensiones eléctricas……...8

1.1.3 Sección de armadores……11

1.2 Descripción de la maquinaria principal usada en la empresa……..12

1.2.1 Maquinaria de la sección de PVC……..13

1.2.2 Maquinaria de la sección de extensiones eléctricas……..22

1.2.3 Maquinaria de la sección de armadores……...26

1.3 Situación actual del sistema la lubricación de las maquinarias principales…….28

1.3.1 Lubricación en la sección de PVC…….28

1.3.2 Lubricación en la sección de extensiones eléctricas……..30

1.3.3 Lubricación de la sección de armadores……..32

1.3.4 Conclusión del plan de lubricación actual……33

CAPÍTULO 2

2 GENERALIDADES DE LA LUBRICACIÓN……36

2.1 Lubricación…….36

2.2 Objetivos y campos de aplicación……..37

2.3 Superficies concordantes…….39

2.4 Superficies no concordantes……40

2.5 Tipos de lubricación……..42

2.5.1 Lubricación hidrodinámica……42

2.5.2 Lubricación elastohidrodinámica (EHL)…….45

2.5.3 Lubricación marginal…….47

2.5.4 Lubricación mixta……...52

2.6 Curva de Stribeck y Beerbower……53

2.7 Lubricantes y sus funciones…….60

2.8 Tipos de lubricantes……..61

2.8.1 Aceites circulantes…….62

2.8.2 Aceites para engranajes……..65

2.8.3 Aceites para motores……68

2.8.4 Grasas…….69

2.8.5 Lubricantes sintéticos y sólidos……...74

2.9 Propiedades importantes de los lubricantes…….79

2.9.1 Propiedades de los aceites……..79

2.9.2 Propiedades de las grasas……..89

2.10 Aditivos empleados en los lubricantes……...91

2.10.1 Aditivos empleados en aceites lubricantes……92

2.10.2 Aditivos empleados en grasas lubricantes……95

CAPÍTULO 3

3 CONSIDERACIONES Y PROCEDIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE LUBRICACIÓN……96

3.1 Hojas de registro usadas actualmente en el mantenimiento…….97

3.2 Manuales de equipos y recomendaciones de fabricantes……100

3.3 Recolección de datos en planta……103

3.4 Estado de las máquinas y equipos principales……..105

3.5 Falencias del sistema actual de lubricación……109

3.6 Selección de tipos de lubricantes a usarse en las maquinarias y equipos principales…….111

3.6.1 La selección correcta de un aceite industrial……..112

3.6.2 La selección correcta de una grasa industrial……124

3.7 Consolidación de lubricantes…….132

3.8 Ventajas y desventajas de un plan de lubricación……136

3.8.1 Ventajas de un plan de lubricación……..137

3.8.2 Desventajas de un plan de lubricación……139

CAPÍTULO 4

4 DISEÑO DEL PLAN DE LUBRICACIÓN……..141

4.1 Introducción al plan de lubricación……...142

4.2 Cartas de lubricación……..143

4.3 Tablas de lubricantes……..157

4.4 Tabla de proveedores…….165

4.5 Tiempo de operación de las máquinas principales……169

4.6 Programa de lubricación……171

4.7 Hoja de registro de trabajos de lubricación…….175

4.8 Utilización de los manuales de fabricantes para el cálculo de cantidades de lubricantes y frecuencias de lubricación……179

4.8.1 Determinación de la cantidad de lubricante y frecuencia de lubricación de los rodamientos de motores eléctricos……..179

4.8.2 Determinación de la cantidad de lubricante y frecuencia de lubricación en cajas de transmisión…….186

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……..191

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

ºC	Grados Centígrados
ºE	Grado Engler
ºF	Grados Fahrenheit
ηm	Nanómetros
µm	Micrómetro
A	Aceite
AGMA	American Gear Manufactures Association
Amp	Amperio
API	American Petrolium Institute
ASTM	American Society for Testing Materials
AT	Alta temperatura
AW	Anti-desgaste
C	Compatible
$CaCO_3$	Carbonato de Calcio
CRT	Cárter
cSt	Centistoke
DFP	Diesel Filtrer Diesel
DIN	Deutsches Institut für Normung
DTX	DOLTREX S.A.
EHL	Elastohidrodinámica
EP	Extrema Presión
g	Gramo
G	Grasa
HD	Hidráulico
HP	Horse Power (Caballos de Potencia)
Hz	Hertzios
I	Incompatible
ISO	International Organization for Standardization
IV	Índice de viscosidad
IEC	International Electrotechnical Commission
Kg	Kilogramo
Kg/hr	Kilogramos por hora
Km	Kilómetros
KN-Ton	Kilonewtons por tonelada
Kw	Kilowatt

mm	Milímetro
ME	Motores Eléctrico
MP	Motores Eléctricos
Mpa	Megapascales
N/A	No disponible
Neut.	No. Número de Neutralización
NLGI	National Lubricating Grease Institute
No. SAP	Número de Saponificación
OEM	Original Equipment Manufacturer
P	Parcialmente compatible
Ph	Fase
PTFE	Politetrafluoroetileno
PVC	Policloruro de Vinilio
RPM	Revoluciones por minuto
SAE	Society of Automotive Engineers
SJT	Hard Service Junior Thermoplastic
SPT	Service Paralell Thermoplastic
SSF	Segundo Saybolt Furol
SSU	Seconds Saybolt Universals
SUS	Segundos Universales Saybolt
TAN	Total Acid Number
TBN	Total Base Number
TC	Transferencia de Calor o diatérmico
TR	Transmisión
VI	Viscocity Index
V	Voltaje
W	Carga Normal
R_x	Distancia en el sentido horizontal x
R_y	Distancia en el sentido vertical y
h_{min}	Espesor mínimo de película
p_{max}	Presión máxima
μ	Viscosidad Absoluta
f	Coeficiente de fricción
P	Carga por unidad de área proyectada
N	Velocidad de giro
v_0	Viscosidad de aceite de índice de viscosidad de 0
v_{100}	Viscosidad de aceite de índice de viscosidad de 100
v	Viscosidad cinemática

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1 Galpón industrial DOLTREX S.A……..4
Figura 1.2 PVC 50/80 natural-negro-blanco para recubrimiento de cable eléctrico…….7
Figura 1.3 Extensión 3 servicios polarizados……9
Figura 1.4 Armadores anodizados……12
Figura 2.1 Chumacera y manguito……40
Figura 2.2 Representación de superficies no concordantes……41
Figura 2.3 Lubricación hidrodinámica……...44
Figura 2.4 Esquema de lubricación elastohidrodinámica……..47
Figura 2.5 Condiciones de película que se requieren para la lubricación……49
Figura 2.6 Diagrama de barras que muestra los coeficientes de fricción para varias condiciones de lubricación……50
Figura 2.7 Rapidez del desgaste para varios regimenes de lubricación…51
Figura 2.8 Efecto de la viscosidad en la lubricación……..55
Figura 2.9 Coeficiente de fricción, espesor de película de aceite y desgaste según el tipo de lubricación……57
Figura 2.10 Curvas de Stribeck y Beerbower……58
Figura 2.11 (a) Efecto de la reducción de la viscosidad del aceite (b) Efecto de la reducción de la viscosidad del aceite en EHD, comportamiento lubricación mixta…….60
Figura 2.12 Comparaciones entre el grado de viscosidades del aceite base y del producto terminado……...81
Figura 2.13 Espesadores de tubo capilar empleados para medir la viscosidad cinemática……82
Figura 3.1 Curva de la bañera……105
Figura 3.2 Carta de conversión de la viscosidad a cualquier temperatura……120

Figura 3.3 Compatibilidad de grasas de distintas composiciones…….128
Figura 3.4 Relación entre temperatura de cojinete y cantidad de grasa……..131
Figura 4.1 Carta de lubricación máquina Inyectora 1……..145
Figura 4.2 Plano de lubricación máquina Inyectora 1……..147
Figura 4.3 Puntos de lubricación graseros Turbomezclador 2……...149
Figura 4.4 Ejecución de la actividad A25……...150
Figura 4.5 Herramienta de lubricación bomba de grasa manual……...152
Figura 4.6 Herramienta de lubricación aceitera manual……..152
Figura 4.7 Especificación de rodamientos por tipo de motor…….181
Figura 4.8 Intervalos de relubricación y cantidad de grasa para rodamientos……...183

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Datos de placa línea de Mezclado 1…….....15
Tabla 2 Datos de placa línea de Extrusión 1…….....17
Tabla 3 Datos de placa línea de Mezclado 2……..19
Tabla 4 Datos de placa línea de Extrusión 2……..21
Tabla 5 Datos de placa Inyectora 1……..23
Tabla 6 Datos de placa Inyectora 2……..25
Tabla 7 Datos de placa máquina Aplicadora……..26
Tabla 8 Datos de placa de Armadores……...28
Tabla 9 Lubricantes usados actualmente en planta……..34
Tabla 10 Márgenes de viscosidad para los aceites de sistemas circulantes……64
Tabla 11 Guía para aplicación de grasas……71
Tabla 12 Características principales de los lubricantes sintéticos……76
Tabla 13 Lubricantes sólidos……..78
Tabla 14 Clasificación de las grasas del NLGI……90
Tabla 15 Etapa de fallos de equipos DOLTREX S.A……108
Tabla 16 Equivalencias entre los diferentes sistemas de clasificación de la viscosidad……...118
Tabla 17 Clasificación ISO de los aceites industriales……123
Tabla 18 Aplicación de los espesantes de grasas industriales……126
Tabla 19 Tabla de equivalencias de aceites lubricantes……..158
Tabla 20 Tabla de equivalencias de grasas lubricantes……...159
Tabla 21 Lista de proveedores de lubricantes……166
Tabla 22 Tiempos de operación semanal de máquinas principales…...169
Tabla 23 Hojas de registro de trabajos de lubricación por máquinas….176
Tabla 24 Datos de placa de motores principales Turbomezclador 2…..180
Tabla 25 Rodamientos de motores principales Turbomezclador 2…….182
Tabla 26 Resultados de intervalos de relubricación y cantidad

de grasa……..182
Tabla 27 Datos de placa reductor de enfriador HEC 1500 del Turbomezclador 2……...187
Tabla 28 Cantidad de lubricante en caja de engranajes……..188
Tabla 29 Intervalo de cambio de aceite para cajas de transmisión en base al tipo de aceite y temperatura de operación…….189

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata acerca del diseño e implantación de un plan de lubricación en máquinas y equipos de la empresa DOLTREX S.A., con el objetivo de normalizar sus procesos en lo que respecta a los trabajos de mantenimiento enfocados en la parte de la lubricación.

La lubricación de las maquinarias y equipos principales es muy importante en una planta de producción continua porque esto prolonga la vida útil de la misma, lo cual es uno de los objetivos principales de este trabajo.

El plan de lubricación implantado servirá para evitar futuras averías en la máquina si se procede a elaborar el trabajo de lubricación con el lubricante correcto y con la cantidad correcta, por lo que sería una parte muy importante en el mantenimiento preventivo de la planta de producción.

Se considera la situación actual de la empresa en lo que respecta a los trabajos de lubricación y analiza si es conveniente elaborar cambios en el plan que se está llevando cabo y mejorarlo en base a lo que indica el fabricante de la máquina, experiencias de operadores, supervisor y jefe de

planta. Fundamentalmente se tomará en cuenta las cantidades de los lubricantes así como su periodo de cambio y relubricación; también el tipo de lubricante usado así como sus propiedades físicas para poder armar una tabla de lubricantes. Se estandarizará los lubricantes y se los codificará para de esa manera poder reducir costo en la compra de los lubricantes.

Con esto se pretende tener un orden en los trabajos de lubricación que se están llevando actualmente en la planta y ya estar preparados con los insumos que necesiten utilizar. Esto también evitará el daño prematuro de las máquinas y equipos, ya que se disminuye el desgaste de las partes en rozamiento de los mismos porque lubricación es básicamente separar dos superficies en contacto.

Los detalles de cómo es la situación actual de la empresa, las consideraciones para la elaboración del plan de lubricación así como el diseño del mismo, las ventajas y desventajas de su implementación, las conclusiones y recomendaciones se presentarán en el cuerpo de la presente tesis.

CAPÍTULO 1

1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

Doltrex S.A. es una empresa que viene operando a partir del año 1996, con tres líneas básicas de producción y comercialización, entre las cuales sobresale, fundamentalmente, la línea de elaboración de compuestos de PVC de todo tipo, tanto para usos flexibles como rígidos.

Adicionalmente, se dedica al ensamblaje e inyección de extensiones eléctricas y cables de poder, así como también a la conformación y tratamiento posterior de colgadores de ropa de aluminio.

Para la elaboración del compuesto de PVC, cuenta con un equipamiento industrial de líneas de extrusión, que, combinado a una correcta selección

de materias primas importadas, le permite desarrollar compuestos de PVC.

FIGURA 1.1 GALPÓN INDUSTRIAL DOLTREX S.A.

En lo que dice relación a la producción de extensiones eléctricas y colgadores de ropa de aluminio, la sociedad estratégica con Electrocables C.A., la cual es el principal proveedor de la materia prima en tales líneas, combinado con el compuesto de PVC producido en planta permite elaborar dichos productos.

Descripción de la planta de producción.

La planta básicamente es dirigida por una persona, el jefe de planta, la cual es la encargada de controlar y ordenar que productos se vayan a elaborar en las diferentes secciones de la planta como también es responsable del mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos en planta.

La planta también tiene su supervisor que se encarga de transmitir las órdenes de producción así como las órdenes de mantenimiento preventivo y correctivo a los obreros y operadores de planta. Él también es encargado del control de calidad del producto de dichos productos.

La empresa también cuenta con un laboratorio de control de calidad donde se elabora los distintos ensayos mecánicos para comprobar la confiabilidad y calidad del de PVC, su principal producto. En este laboratorio hay una persona encargada de llevar a cabo dichos ensayos.

La empresa consta en planta básicamente de tres secciones de producción:

- Sección de compuesto de PVC.
- Sección de extensiones eléctricas.
- Sección de armadores de aluminio.

1.1.1 Sección de PVC

Esta es la sección más importante de la planta ya que el principal producto de DOLTEX S.A. es la resina de PVC que se elabora en esta sección y la vez la que genera más ingreso y donde se encuentran los equipos más críticos.

En esta sección hay 2 líneas de extrusión y 2 líneas de mezclado los cuales hacen posible la producción del compuesto de PVC para los diferentes productos que se elaboran.

Básicamente el proceso de producción para el compuesto consiste en mezclar las materias primas las cuales son: Resina de PVC, Carbonato de Calcio ($CaCO_3$), aditivos y plastificantes. Estos son depositados en un turbomezclador; una vez la mezcla hecha pasa a un enfriador para luego pasar a una tolva y ser enviados por transporte neumático a las extrusoras; dicha mezcla la cual entra en forma de polvo a la extrusora sale plastificada y pasa por un juego de cuchillas para poder formar el pellet para poder ser enfriado o por una centrífuga o por una zaranda, esto depende de que línea se esté usando, para finalmente por transporte neumático pasar a una balanza mecánica donde el producto es pesado y

ensacado ya sea en sacos plásticos de 25 kg. O en big bags o súper sacos de 625 kg. para su debido almacenamiento y distribución.

En la sección se produce principalmente lo siguiente:

- Compuesto PVC para Cables Eléctricos.
- Compuesto PVC para Calzado.
- Compuesto PVC para Perfiles Flexibles.
- Compuesto PVC para Mangueras.

FIGURA 1.2 PVC 50/80 NATURAL-NEGRO-BLANCO PARA RECUBRIMIENTO DE CABLE ELÉCTRICO.

En esta sección trabajan por lo general dos operadores uno en cada línea de extrusión, pero en ocasiones existe alta demanda de producto se utilizan a 4 personas en la sección.

Se trabajan 3 turnos de 8 horas, las 24 horas al día de lunes a viernes, es decir las máquinas operan a la semana 120 horas. Por cada turno hay 2 operadores uno por cada línea de extrusión y cada uno trabaja 40 horas a la semana, lo que significa que en esta sección hay un total de 6 obreros.

1.1.2 Sección de extensiones eléctricas.

La sección de extensiones eléctricas es donde se producen las partes de la extensión que comprenden los terminales y enchufes y se ensambla las extensiones eléctricas.

En esta sección se utiliza principalmente 3 máquinas para elaborar la extensión eléctrica, entre las cuales comprende 2 inyectoras olehidráulicas y una aplicadora de terminales.

Para la elaboración de las extensiones se cuenta básicamente con: cables eléctricos provenientes de su principal proveedor Electrocables C.A., los terminales cobre y el compuesto de PVC. El proceso comienza colocando los

terminales de cobre en los cables eléctricos con la máquina aplicadora de terminales para luego pasar a las inyectoras en las cuales se deposita en las tolvas de almacenamiento el compuesto de PVC, el cual es el mismo producido en planta para luego formar los enchufes ya sea machos elaborados en la inyectora 1 o enchufes hembra elaborados en la inyectora 2, que pueden ser de tipo SPT (Service Paralell Thermoplastic) o SJT (Hard Service Junior Thermoplastic). El ensamblado se lo realiza manualmente y por consiguiente el empacado del producto por obreros dedicados a este fin.

FIGURA 1.3 EXTENSIÓN 3 SERVICIOS POLARIZADOS.

En la sección se produce lo siguiente:

- Extensión macho con Piattinas flexibles tipo SPT.
- Extensión 3 servicios polarizados SJT.
- Extensión macho con conductor bipolar flexible concéntrico.

- Extensión macho con conductor bipolar flexible concéntrico.
- Enchufes para grabadora.

En la sección se trabaja un solo turno por lo general 8 horas al día, pero hay días que se exige trabajar 12 horas para la pronta terminación de un pedido pero no es muy común por lo que se puede considerar que las máquinas de esta sección trabajan 8 horas al día que equivale a 40 horas a la semana, es decir que las máquinas trabajarán ese tiempo semanal. Hay un total de 6 personas donde 3 trabajan operando las máquinas principales de la sección y los otros 3 se dedican a la ensamblada y empacado del producto pero hay veces que todos se dedican al empacado.

1.1.3 Sección de armadores anodizados.

En la sección de armadores es donde se producen armadores anodinados de aluminio a partir una bobina de alambre de aluminio de 3.5 mm de diámetro.

Se cuenta con una sola máquina la cual elabora el conformado de los armadores y se cuenta con una serie de tanques las cuales contienen químicos en los cuales se elabora el proceso de anodizado.

Básicamente la materia prima son alambres de aluminio los cuales están almacenados en una bobina donde van a la máquina que elabora el conformado de los armadores para luego pasar a los tanques donde se tienen los diversos químicos donde se protege el armador por medio del óxido de aluminio producto del anodizado que se realiza y luego va al último tanque donde se le da el color que va a tener el armador para luego pasar al empacado.

El único producto de esta zona son los armadores o colgantes de ropa anodizados de aluminio de 3.5 mm de diámetro, en presentaciones de varios colores, como se muestra en la figura.

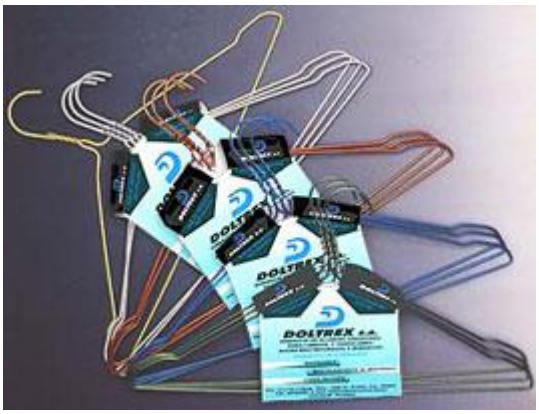


FIGURA 1.4 ARMADORES ANODIZADOS.

Por lo general la sección opera 40 horas a la semana, 8 horas al día, lo que quiere decir que la máquina opera este tiempo en la semana. En la sección existe sólo un operador que se dedica a manejar la máquina y realizar el empacado de los armadores.

1.2 Descripción de la maquinaria principal usada en la empresa.

Para poder conocer la maquinaria principal que se usa en la empresa es necesario presentarlas en base a la sección donde se encuentran operando, es decir, que se le va a realizar como sigue:

- Maquinaria de la sección de PVC.

- Maquinaria de la sección extensiones.
- Maquinaria de la sección armadores.

1.2.1 Maquinaria de la sección de PVC.

En la sección de PVC se tiene básicamente dos líneas que producen el compuesto de PVC las cuales están conformadas por varias máquinas. En la empresa estas se las conoce como:

- Línea de mezclado 1
- Línea de extrusión 1
- Línea de mezclado 2
- Línea de extrusión 2

Descripción de la línea de mezclado 1.

El turbomezclador 1 es la máquina que permite elaborar la mezcla de compuesto PVC como se había señalado en la sección 1.1.1 y lo realiza mediante acción centrífuga y un conjunto de paletas que se encuentran en el eje principal del mismo, en donde la transmisión de movimiento es por medio

un motor eléctrico de 52 KW (70 HP), como la mezcla calentada por la gran energía, esta es enfriada en un enfriador por medio de agua de torre de enfriamiento, para luego ser transportada a un transportador de tornillo sin fin y pasar a la extrusora 1. El depósito de la materia prima (Resina de PVC, Carbonato de Calcio, aditivos y plastificantes) es hecho manualmente.

El turbomezclador 1 comprende las siguientes partes:

- Turbomezclador 1.
- Enfriador 1.
- Sistema de alimentación por tornillo sin-fin.

En la siguiente tabla se muestra los datos de placa de cada máquina, cabe decir que por la antigüedad del equipo el enfriador no posee dato de placa.

TABLA 1

DATOS DE PLACA LÍNEA DE MEZCLADO 1.

LINEA DE MEZCLADO 1	
TURBOMEZCLADOR 1	
Marca	Valtorta
Procedencia	Italia
Modelo	85V30
Serie	RO-ADB6
Año	1985
ENFRIADOR 1	
No tiene placa	
TRANSPORTADOR TORNILLO SINFIN	
Marca	Plasmec
Procedencia	Italia
Tipo	TP 1 BG
Matrícula Nº	1528285
Esquema Nº	SE 239
V	220
Hz	60
Año	1985

Descripción de la línea de extrusión 1

Esta línea de extrusión al igual que la línea de mezclado 1 trabajan en conjunto ya que las dos son complementarias, puesto que la mezcla enfriada pasa a la extrusora para ser plastificada y cortada por medio de un juego de cuchillas que se encuentran a la salida de la extrusora, para que luego a causa de la gran temperatura en la extrusora pase a ser enfriada por medio de una zaranda, el mismo que lo realiza por acción de la vibración de las partículas del compuesto de

PVC para ser transportadas reumáticamente hacia una balanza y así ser pesada, empacada y almacenada.

La línea de extrusión 1 comprende lo siguiente:

- Extrusora-Cortadora 1
- Enfriador de zaranda
- Sistema de descarga neumática
- Balanza Mecánica

En la tabla 2 se muestra los datos de placa del extrusor-cortador, zaranda y balanza.

Descripción de la línea de mezclado 2.

Esta línea junto con la línea de extrusión 2, son las más importantes en la empresa, ya que son las máquinas más avanzadas y modernas ya que datan del año 2005 y su capacidad de producción es muy grande de 900 kg/hr contra los 500 kg/hr de compuesto de PVC que produce la línea de mezclado y extrusión 1.

TABLA 2

DATOS DE PLACA LÍNEA DE EXTRUSION 1.

LINEA DE EXTRUSIÓN 1	
EXTRUSORA-CORTADORA	
Marca	Bausano Group
Procedencia	Italia
Tipo	85MDD2 88 20VK3BG 102/A
Año	1985
ENFRIADOR DE ZARANDA	
Marca	Bausano Group
Procedencia	Italia
Tipo	85-RBN.2-BG102
Año	1985
BALANZA MECÁNICA	
Marca	Silimpianti
Procedencia	Italia
Modelo	Bic
Año	1985

El principio de funcionamiento del mezclador 2 es similar a 1 con la diferencia que su capacidad es mayor y que posee un motor eléctrico más grande de 107.5 KW (144 HP), como se puede ver es una gran energía, asimismo la transmisión es por bandas y el depósito de materia prima es automatizado por medio de succión y por un controlador lógico programable las proporciones son colocadas con exactitud. Esta línea posee un dosificador gravimétrico de líquidos que es donde se distribuye a través de una bomba de vacío al turbomezclador, luego la mezcla pasa a un enfriador donde

esta es enfriada por medio de agua de torre de enfriamiento, para ser transportada neumáticamente a las extrusoras 1 y 2, a diferencia del mezclador 1 que sólo abastecía de mezcla al extrusor 1, este abastece a las dos extrusoras.

Las partes que conforman la línea de mezclado 2 son las siguientes:

- Sistema de alimentación neumático de turbomezclador.
- Turbomezclador 2.
- Refrigerador 2.
- Dosificador gravimétrico de líquidos.

En la tabla 3 se dan los datos de placa de las máquinas y equipos que conforman la línea de mezclado 2.

TABLA 3

DATOS DE PLACA LÍNEA DE MEZCLADO 2.

LÍNEA DE MEZCLADO 2	
SISTEMA DE ALIMETACIÓN NEUMÁTICO	
Marca	Plasmec
Procedencia	Italia
Tipo	CRB-500/3/EL
Matrícula Nº	15420605
Esquema Nº	SE 2491
V	380
Hz	60
Año	2005
TURBOMEZCLADOR 2	
Marca	Plasmec
Procedencia	Italia
Tipo	TRM-500/AL
Matrícula Nº	558 20.4 05
Esquema Nº	SE 2491
V	380
Hz	60
Año	2005
ENFRIADOR 2	
Marca	Plasmec
Procedencia	Italia
Tipo	HEC-1500
Matrícula Nº	122 205 05
Esquema Nº	SE 2491
V	380
Hz	60
Año	2005
DOSIFICADOR GRAVIMÉTRICO DE LÍQUIDOS	
Marca	Plasmec
Procedencia	Italia
Tipo	DGL-100/3/EL/WH
Matrícula Nº	166 209 05
Esquema Nº	SE 29914
V	380
Hz	60
Año	2005

Descripción de la línea de extrusión 2.

La línea de extrusión 2 junto con la línea de mezclado 2, son las maquinarias de más importancia y tecnología en la empresa ya que su capacidad de producción es de 900 a 1000 kg/hr, un 90% más de capacidad que la línea de mezclado 1 y la línea de extrusión 1. Estos valores dependen del tipo de compuesto de PVC que se este produciendo.

Comprende dos tornillos de extrusión que plastifican la mezcla procedente del mezclador para luego pasar a una cortadora utilizando un juego de cuchillas de corte en un arreglo circular, la cual por la gran temperatura necesita ser enfriado, entonces las partículas pasan a un enfriador centrífugo para luego ser transportado por tuberías a los big bags de 1000 Kg. o a los sacos de 25 Kg. para su respectivo almacenamiento y distribución.

La línea de extrusión 2 está conformada por:

- Extrusora 2.
- Cortadora.
- Centrífuga enfriadora.

Cabe recalcar que las tuberías de transporte neumático conectan la línea de extrusión 2 con la balanza mecánica de la línea de extrusión 1.

Para conocer mejor a la maquinaria se presenta los datos de placa de cada parte principal.

TABLA 4

DATOS DE PLACA LÍNEA DE EXTRUSIÓN 2.

LINEA DE EXTRUSIÓN 2	
EXTRUSORA 2	
Marca	Bausano Group
Procedencia	Italia
Tipo	MD2-90B30/AK
Serie Nº	2005 01L.B.004
Año	2005
CORTADORA	
Marca	Gamma Meccanica
Procedencia	Italia
Tipo	Taglio TDA 4.0
Serie Nº	5.M83A001.016
Año	2005
ENFRIADOR CENTRÍFUGO	
Marca	Gamma Meccanica
Procedencia	Italia
Tipo	C 285
Serie Nº	5.M82B001.017
Año	2005

1.2.2 Maquinaria de la sección de extensiones

Esta sección posee maquinarias menos sofisticadas que en la sección de PVC ya que no son líneas (formada por varias máquinas) sino que una sola máquina hace el trabajo de la producción. Básicamente existen tres máquinas principales en esta sección las cuales son:

- Inyectora 1.
- Inyectora 2.
- Aplicadora.

A continuación se va a describir cada una de estas máquinas con sus respectivos datos de placas y funciones.

Descripción de la Inyectora 1

Esta máquina realiza el trabajo de inyección por medio de un sistema automatizado oleohidráulico.

Su función principal es la elaboración de enchufes tipo macho, cuya forma va a depender del tipo de molde que se coloque en la misma. Estos enchufes son de compuesto de

PVC obtenido de la sección de PVC de color negro o blanco. Este se deposita manualmente en una tolva de carga la cual pasa al sistema de cilindros automatizados donde el compuesto es llevado a temperatura para luego ser inyectado a la matriz la cual le da la forma al enchufe.

Sus principales datos de placa se los menciona a continuación en la tabla:

TABLA 5

DATOS DE PLACA INYECTORA 1.

INYECTORA 1	
Marca	Arburg
Procedencia	Alemania
Modelo	Allrounder 221-55-250
Serie Nº	130369
Año	1985
Peso	930 Kg
Fuerza de cierre	250 KN-Tons
Tensión de servicio	415 V 60 Hz
Calefacción	3.46 Kw
Motor bomba	6.5 Kw
Conexión total	10.0 Kw

Descripción de la Inyectora 2

Al igual que la inyectora 1, esta realiza la inyección por medio de un sistema oleohidráulico. Esta máquina es una versión moderna de la inyectora 1 con más potencia de bombeo, abarcando un mayor volumen de producción y capacidad de inyección.

La función principal de esta máquina es la generación de enchufes tipo hembra, estos pueden ser enchufes hembra de varias tomas o de una toma, dependiendo del tipo de enchufe que se esté produciendo.

El principio de funcionamiento de la Inyectora 2 es exactamente igual que el de la Inyectora 1 con la diferencia que esta máquina es más nueva y tiene mayor volumen de producción.

En la tabla 6 se muestra los datos de placa de la Inyectora 2:

TABLA 6

DATOS DE PLACA INYECTORA 2.

INYECTORA 2	
Marca	Arburg
Procedencia	Alemania
Modelo	Allrounder 320M/50-210V0
Serie Nº	162645
Año	1995
Peso	2610 Kg
Fuerza de cierre	750 KN-Tons
Tensión de servicio	230 V 3 60 Hz
Calefacción	5.5 Kw
Motor bomba	1 x 15.00 Kw
Conexión total	20.5 Kw

Descripción de la Aplicadora

Esta es la máquina más sencilla de toda la empresa ya que es pequeña pero por la importancia de su función no se la ha menospreciado y se anexa a nuestro análisis.

Su función principal es la de aplicar los terminales de cobre por medio de un sistema mecánico para la elaboración de los enchufes ya sea hembra o macho y consecuentemente el armado de las extensiones.

Los datos de placa de esta máquina se muestran a continuación:

TABLA 7

DATOS DE PLACA MÁQUINA APLICADORA.

APLICADORA	
Marca	AMP-O-ELECTRIC
Procedencia	Italia
Tipo	K
Esquema Nº	565435-5-AJ
Serie Nº	131688
Voltaje	115 V
Fases	1 Ph
Frecuencia	60 Hz
Corriente	5.0 Amp
Potencia	1/4 Hp
Velocidad	1725 RPM

1.2.3 Maquinaria de la sección armadores

En esta sección básicamente existe una sola máquina la cual se conoce como:

- Armadores

Lo siguiente será describir la función de la maquinaria en esta sección.

Descripción de la Armadores

Esta es una máquina de tipo mecánica, la cual a través de la sincronización de sus mecanismos, realiza el proceso de doblado y conformado del material, pasando el material que en este caso es el alambre de aluminio de 3.5 mm procediendo de un pay-off o portabobinas a través de los dados de la máquina.

Su función principal es el doblado y conformado de armadores de ropa los cuales están hechos de aluminio.

En la parte motriz esta máquina posee un motor eléctrico de velocidad variable cuya velocidad se puede ajustar dependiendo del requerimiento de producción y para su debida calibración.

Según el dato de placa de esta máquina se muestra lo siguiente:

TABLA 8

DATOS DE PLACA DE ARMADORES.

ARMADORES	
Marca	Grauer
Procedencia	Alemania
Tipo	SMB-1
Serie Nº	27.748.080
Año	1985

1.3 Situación actual de la lubricación de las maquinarias principales.

Para poder comprender de mejor manera la lubricación que llevan las máquinas actualmente se la va a presentar por secciones, es decir, que es como sigue:

- Lubricación en la sección de PVC.
- Lubricación en la sección de extensiones.
- Lubricación en la sección de armadores.

1.3.1 Lubricación en la sección de PVC

En esta sección la lubricación periódica que se lleva depende de cuanto han trabajado las líneas de Extrusión.

Por lo general el intervalo de lubricación con grasa en las líneas de Extrusión es de dos semanas por lo general o en más tiempo (mensual), cuyo tipo es: grasa a base de litio número NLGI 2.

La lubricación de las cajas de engranaje y sistemas de enfriamiento de tornillo se las realiza anualmente en la línea de extrusión 1 al igual que en la línea de extrusión 2.

El lubricante usado para las cajas de engranaje es un aceite SAE 80W90 y el aceite usado en el sistema de enfriamiento de tornillo es un aceite diatérmico ISO 46.

Los encargados de llevar la lubricación son los operadores, los cuales son 6 en total, 2 por cada turno.

Según estos datos el plan actual en esta sección no se está llevando conforme lo dice el fabricante, ya que hay lubricaciones que se realizan semanalmente o en menor tiempo y a parte la grasa que se utiliza sólo es aplicable en ciertas zonas ya que otras necesitan grasa de alta

temperatura como por ejemplo en el mezclador y en el cortador de la línea de mezclado y extruído 2.

1.3.2 Lubricación en la sección de Extensiones

En esta sección a diferencia que en la de PVC, el plan actual de lubricación que se lleva es más uniforme.

Los intervalos de lubricación con grasa y aceite que se realizan son semanales o quincenales, es decir cada 40 u 80 horas de trabajo. Pero el sistema de lubricación depende de la máquina.

Para la Inyectora 1 su sistema de lubricación se lo lleva por medio de grasa cuyo tipo es una grasa de número NLGI 2, la cual se aplica en todas las partes deslizantes. La lubricación con aceite se la realiza anualmente y es para el sistema oleohidráulico, la designación de este aceite es ISO 46.

Para la Inyectora 2 a diferencia que la Inyectora 1 la lubricación de las partes deslizantes se la hace por medio de aceite, este aceite es ISO 46, no utiliza nada de grasa. El cambio de aceite en el sistema oleohidráulico se lo hace anualmente y es del mismo tipo con el que se lubrica las partes deslizantes.

En la Aplicadora de terminales la lubricación se la realiza sólo con grasa del mismo tipo con el que se hace en las otras máquinas de la empresa grasa NLGI 2. Se la aplica en graseros y en las debidas partes deslizantes. Hay veces que los rodamientos se los lubrica con aceite ISO 46.

Por lo general el operador de la máquina es el encargado de realizar la lubricación semanal en esta sección.

La lubricación no se está llevando conforme a las recomendaciones del fabricante, ya que hay ciertas partes que se lubrican cada 100 horas (2 semanas) o cada 200 horas (mensual), lo que representa un gasto de lubricante innecesario de lubricante y lo más importante es que se está usando un aceite que “no es hidráulico sino un diatérmico”,

a pesar de que tener la misma viscosidad y buenos aditivos inhibidores contra la oxidación y herrumbre, no posee la calidad de aditivos antidesgaste de un aceite hidráulico, el aceite para máquinas debe de ser un ISO 220 como el fabricante lo recomienda y no el mismo aceite diatérmico que posee una viscosidad de 46 cst a 40º C.

1.3.3 Lubricación en la sección de armadores

En esta sección la lubricación que se estaba llevando de manera bien intermitente, ya que esta sección no trabajaba mucho. Actualmente han contratado una persona exclusiva para esta sección por lo que ahora trabajará la máquina más seguido y por ende la lubricación será más constante.

No poseía un intervalo definido para la lubricación porque esta se la hacía antes que la máquina entre en operación pero con la contratación del nuevo personal ahora la lubricación es semanal

La lubricación se la realiza con aceite ISO 46 para los bocines y lugares que necesiten aceite; y en las partes deslizantes y graseros con grasa NLGI 2 esto lo elabora el operador de la máquina.

La lubricación tampoco en esta sección se esta llevando conforme a la recomendación del fabricante por la razón de que no tenía un operador titular y los intervalos eran muy variables, esta es la máquina que más molestias produce en la empresa y que más puntos de lubricación posee.

1.3.4 Conclusión del plan de lubricación actual

Como conclusión se puede notar que la lubricación en la empresa gira en torno a tres tipos de lubricantes, grasa de grado NLGI 2; en aceites sólo se manejan dos tipos: SAE 80W90 para las cajas de engranajes y un ISO 46 para sistemas oleohidráulicos, sistemas de transferencia de calor (enfriamiento de tornillos de extrusora), agujeros de aceite y partes deslizantes que necesiten aceite. Esto se aprecia de mejor manera en la tabla 8 donde se muestran los

lubricantes usados actualmente en planta con su respectiva marca y uso.

TABLA 9

LUBRICANTES USADOS ACTUALMENTE EN PLANTA.

Aceites usados actualmente en planta			
Nombre	**Marca**	**Tipo**	**Uso en planta**
Mobilgrease MP	Mobil	Grasa multipropósito	Graseros y partes deslizantes
Cetus de 100	Texaco	Grasa multipropósito	Graseros y partes deslizantes
Mobillube GX80W90	Mobil	Aceite de transmisión	Cajas de engranajes
Texatherm 46	Texaco	Aceite diatérmico	Agujeros de aceite y partes deslizantes, sistema oleohidráulico, enfriamiento de tornillo de extrusor

Cabe indicar que en las máquinas inyectoras se debe usar un aceite oleohidráulico como el manual lo indica, a pesar de que el aceite diatérmico tenga las mismas propiedades de viscosidad, ya que el fabricante recomienda un aceite hidráulico ISO 46, no posee en cambio los mismos aditivos que debería poseer un aceite hidráulico, en lo que respecta a aditivos de alta presión y sobre todo aditivos antidesgaste; también se está usando grasa multipropósito en lugares

donde se debería usar grasa de alta temperatura, en lo que respecta al aceite de máquinas se debería usar un aceite ISO 220 y no un hidráulico ISO 46.

CAPÍTULO 2

2. GENERALIDADES DE LA LUBRICACIÓN

En el presente capítulo se va a conocer las generalidades de la lubricación, su concepto, objetivo, los tipos de lubricación, tipos de lubricantes, usos, propiedades y aditivos usados en los mismos para incrementar sus aplicaciones y mejorar sus propiedades y funcionamiento.

2.1 Lubricación

El propósito de la lubricación es la separación de dos superficies con deslizamiento relativo entre sí de tal manera que no se produzca

daño en ellas: se intenta con ello que el proceso de deslizamiento sea con el rozamiento más pequeño posible. Para conseguir esto se intenta, siempre que sea posible, que haya una película de lubricante (gaseoso, líquido o sólido) de espesor suficiente entre las dos superficies en contacto para evitar el desgaste.

El lubricante en la mayoría de los casos es aceite mineral. En algunos casos se utiliza agua, aire o lubricantes sintéticos cuando hay condiciones especiales de temperatura, velocidad, etc.

Históricamente es interesante señalar que únicamente con la mejora de los procesos de fabricación de elementos metálicos (a partir de la revolución industrial) y el aumento de las velocidades de giro de ejes y elementos rodantes se ha podido obtener los valores de disponibilidad que actualmente tenemos con ellos.

2.2 Objetivos y campos de aplicación

El objetivo de la lubricación es reducir el rozamiento, el desgaste y el calentamiento de las superficies en contacto de piezas con movimiento relativo.

La aplicación típica en ingeniería mecánica es el cojinete, constituido por muñón o eje, manguito o cojinete.

Campos de aplicación:

- cojinetes del cigüeñal y bielas de un motor (vida de miles de Km.).
- cojinetes de turbinas de centrales (fiabilidad del 100%).

Los factores a considerar en diseño son técnicos y económicos:

- Cargas aplicadas y condiciones de servicio.
- Condiciones de instalación y posibilidad de mantenimiento.
- Tolerancias de fabricación y funcionamiento; vida exigida y vida útil.
- costos de instalación y mantenimiento.

La lubricación por película fluida ocurre cuando dos superficies opuestas se separan completamente por una película lubricante y ninguna aspereza está en contacto. La presión generada dentro el fluido soporta la carga aplicada, y la resistencia por fricción al movimiento se origina completamente del cortante del fluido viscoso.

El espesor de la película lubricante depende en gran parte de la viscosidad del lubricante tanto en el extremo alto como bajo de la temperatura.

2.3 Superficies Concordantes

Las superficies concordantes se ajustan bastante bien una con otra con un alto grado de conformidad geométrica, de manera que la carga se transfiere a un área relativamente grande.

Por ejemplo el área de lubricación para una chumacera será de 2π por el radio por la longitud.

El área de la superficie que soporta una carga permanente generalmente constante mientras la carga se incrementa.

FIGURA 2.1 CHUMACERA Y MANGUITO. (15)

La chumacera con lubricación de película fluida representada en la figura 2.1 y los cojinetes deslizantes tienen superficies concordantes. En las chumaceras la holgura radial entre el cojinete y el manguito es por lo general la milésima parte del diámetro del cojinete; en los cojinetes deslizantes la inclinación de la superficie de estos respecto al rodillo de rodadura suele ser muy rara. Un ejemplo de superficie concordante es la junta de la cadera del ser humano.

2.4 Superficies no Concordantes

Muchos elementos de maquinas lubricados por una película fluida tienen superficies que no concuerdan entre si. Entonces un área pequeña de lubricación debe soportar todo el peso de la carga.

Por lo general el área de lubricación de una conjunción no concordante es 3 veces menor que la magnitud que la de una superficie concordante.

El área de lubricación entre superficies no concordantes se agranda bastante con el incremento de carga; pero aun así es más pequeña que el área de la lubricación entre las superficies concordantes.

Ejemplos de superficies no concordantes son el acoplamiento de los dientes de un engranaje, el contacto entre levas y seguidores, y también los cojinetes de elementos rodantes.

FIGURA 2.2 REPRESENTACIÓN DE SUPERFICIES NO CONCORDANTES. (15)

2.5 Tipos de lubricación

Existen fundamentalmente cuatro tipos de lubricación, los cuales son:

- Lubricación hidrodinámica
- Lubricación elastohidrodinámica
- Lubricación marginal (límite)
- Lubricación mixta

Estos tipos de lubricación se los desarrolla a continuación.

2.5.1 Lubricación Hidrodinámica

Existen cuatro tipos básicos de lubricación y estos se desarrollan a continuación. La lubricación hidrodinámica se caracteriza en superficies concordantes con una lubricación por película fluida. En este tipo de lubricación las películas son gruesas de manera que se previene que las superficies sólidas opuestas entren en contacto. Con frecuencia se la llama la forma ideal de lubricación, porque proporciona baja fricción y alta resistencia al desgaste.

La lubricación de las superficies sólidas se rige por las propiedades físicas del volumen del lubricante, especialmente de la viscosidad; por otra parte, las características de fricción se originan puramente del cortante del lubricante viscoso.

Una presión positiva se desarrolla en una chumacera o en un cojinete de empuje lubricados ambos hidrodinámicamente, porque las superficies del cojinete convergen, y su movimiento relativo y la viscosidad del fluido separan las superficies. La existencia de una presión positiva implica que se soporta la aplicación de una carga normal.

Generalmente la magnitud de la presión que se desarrolla es menor que 5 Mpa y no es lo suficientemente grande para causar una deformación elástica significativa en las superficies.

En un cojinete lubricado hidrodinámicamente el espesor mínimo de la película es función de la carga normal que se aplica W, de la velocidad N, de la viscosidad absoluta del lubricante μ y de la geometría (R_x y R_y). En la figura 2.3 se representa características de la lubricación hidrodinámica. El

espesor mínimo de película h_{min} como una función N y W para el movimiento deslizante se obtiene mediante la ecuación (1):

Donde el espesor mínimo de la película normalmente excede 1 µm.

$$h\min = \sqrt{\frac{N}{W}} \qquad (1)$$

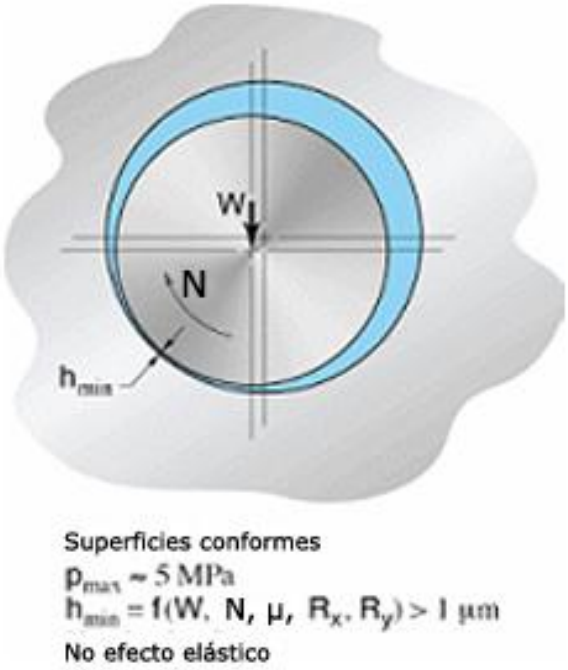


FIGURA 2.3 LUBRICACIÓN HIDRODINÁMICA. (15)

2.5.2 Lubricación Elastohidrodinámica (EHL).

Este es un tipo de lubricación que desde su descubrimiento por los profesores británicos Dowson Duncan y Higginson Gordon en la década de los años 50's marcó el verdadero comienzo a la solución de los problemas de desgaste en mecanismos que funcionaban sometidos a condiciones de altas cargas y bajas velocidades y que hasta entonces se manejaban como mecanismos lubricados por película límite ó fluida. La lubricación EHL se presenta en mecanismos en los cuales las rugosidades de las superficies de fricción trabajan siempre entrelazadas y nunca llegan a separarse. En este caso las crestas permanentemente se están deformando elásticamente y el control del desgaste y el consumo de energía depende de la película adherida a las rugosidades. Se podría denominar esta película como límite pero de unas características de soporte de carga y de resistencia al desgaste mucho más elevadas que las que forma la película límite propiamente dicha. En la lubricación EHL la lubricación límite es permanente, ó sea que no hay mucha diferencia entre las condiciones de lubricación en el momento de la puesta en marcha del mecanismo y una vez que este alcanza la velocidad nominal de operación.

La definición de la lubricación Elastohidrodinámica se puede explicar así: Elasto: elasticidad, ó sea que la cresta de la irregularidad en el momento de la interacción con la cresta de la otra superficie se deforma elásticamente sin llegar al punto de fluencia del material; Hidrodinámica, ya que una vez que ocurre la deformación elástica la película de aceite que queda atrapada entre las rugosidades forma una película hidrodinámica de un tamaño microscópico mucho menor que el que forma una película hidrodinámica propiamente dicha (figura 2.4). En la lubricación hidrodinámica el espesor de la película lubricante puede ser del orden de 5 mm en adelante, mientras que en la EHL de 1 mm ó menos. Normalmente esta lubricación está asociada con superficies no concordantes y con la lubricación por película fluida.

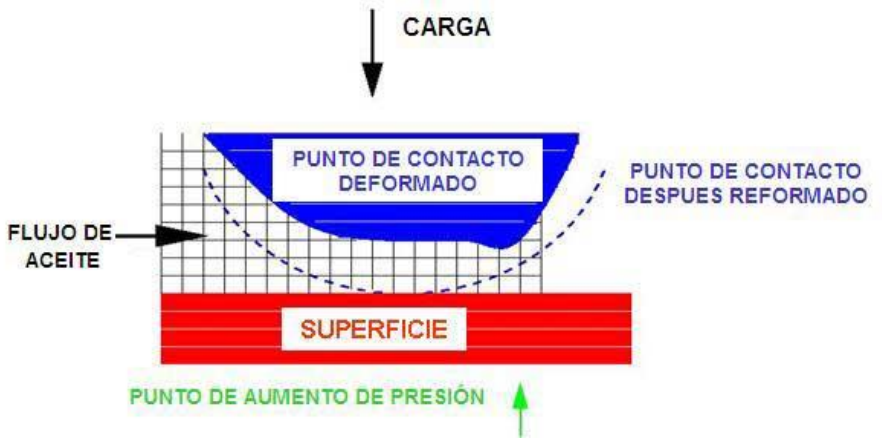


FIGURA 2.4 ESQUEMA DE LUBRICACIÓN ELASTOHIDRODINÁMICA.

(17)

2.5.3 Lubricación Marginal

En la lubricación marginal los sólidos no están separados por el lubricante, los efectos de la película fluida son insignificantes y existe un contacto de las asperezas importante. El mecanismo de lubricación por contacto se rige por las propiedades físicas y químicas de las películas delgadas de superficie de proporciones moleculares. Las propiedades volumétricas del lubricante tienen menor importancia y el coeficiente de fricción es esencialmente independiente de la viscosidad del fluido. Las propiedades de los sólidos y la película del lubricante en las interfaces comunes determinan las características de la fricción.

El espesor de las películas de superficie varia entre 1 y 10 nm, dependiendo del tamaño molecular.

La figura 2.5 ilustra las condiciones de película fluida en la lubricación marginal. Las pendientes de la superficie y los espesores de la película se encuentran magnificados por fines didácticos.

En la parte a) lubricación por película fluida: superficies separadas por la masa principal de la película lubricante; b) lubricación mixta; tanto la masa principal del lubricante como la película marginal tienen una función; c) lubricación marginal: el desempeño depende esencialmente de la película marginal.

En la Figura 2.6 se muestra el comportamiento del coeficiente de fricción en los diferentes regimenes de lubricación. El coeficiente de fricción medio se incrementa hasta un total de tres veces mas al pasar del régimen hidrodinámico, al elastohidrodinámico, al marginal y al sin lubricación.

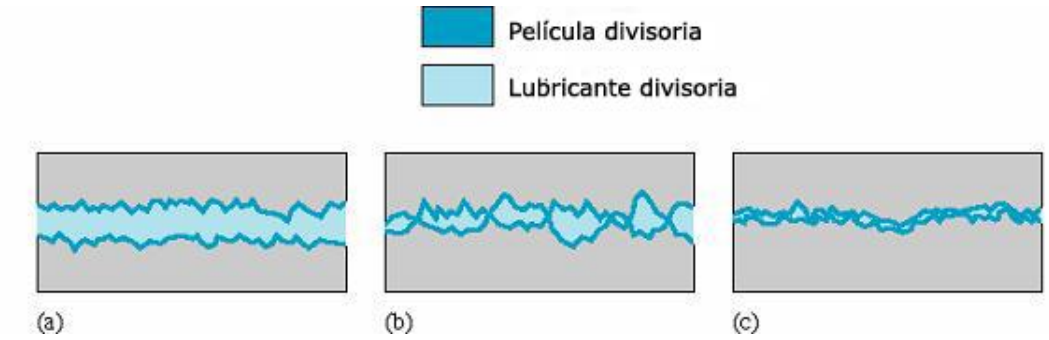


FIGURA 2.5 CONDICIONES DE PELÍCULA QUE SE REQUIEREN PARA LA LUBRICACIÓN. (15)

La Fig. 2.7 muestra la tasa de desgaste en los varios regimenes de lubricación determinada por la carga de operación. En los regimenes hidrodinámicos y elastohidrodinámicos existe poco o ningún desgaste pues no hay contacto de asperezas. En el régimen de lubricación marginal, el grado de interacción de asperezas y la tasa de desgaste se incrementan a medida que la carga aumenta. La transición de lubricación marginal a una condición no lubricada se distingue por un cambio drástico en la tasa de desgaste.

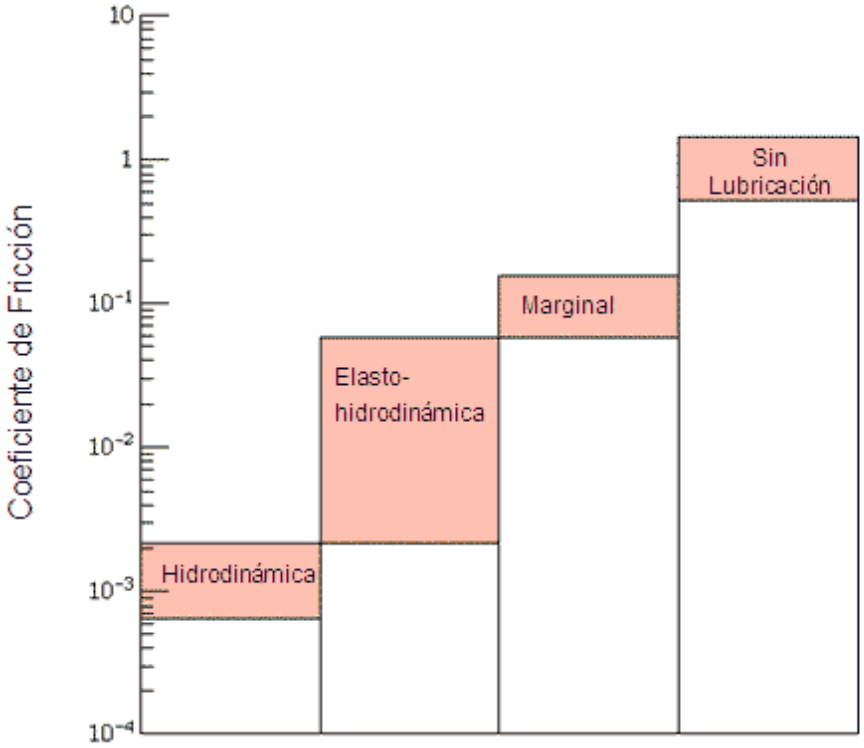


FIGURA 2.6 DIAGRAMA DE BARRAS QUE MUESTRA LOS COEFICIENTES DE FRICCIÓN PARA VARIAS CONDICIONES DE LUBRICACIÓN. (17)

A medida que se incrementa la carga relativa en el régimen no lubricado la tasa de desgaste se incrementa hasta que se presentan estrías o cuando ocurre el agarrotamiento y el elemento de máquina ya no opera adecuadamente. La mayoría de las máquinas no operan por mucho tiempo sin alguna lubricación con la consecuencia inmediata de una falla de los elementos involucrados.

La lubricación marginal se utiliza en los elementos de máquinas con cargas pesadas y bajas velocidades de operación, donde es difícil obtener una lubricación por película fluida.

Como ejemplo clásico se tiene el funcionamiento de las bisagras de las puertas que utilizan esta lubricación.

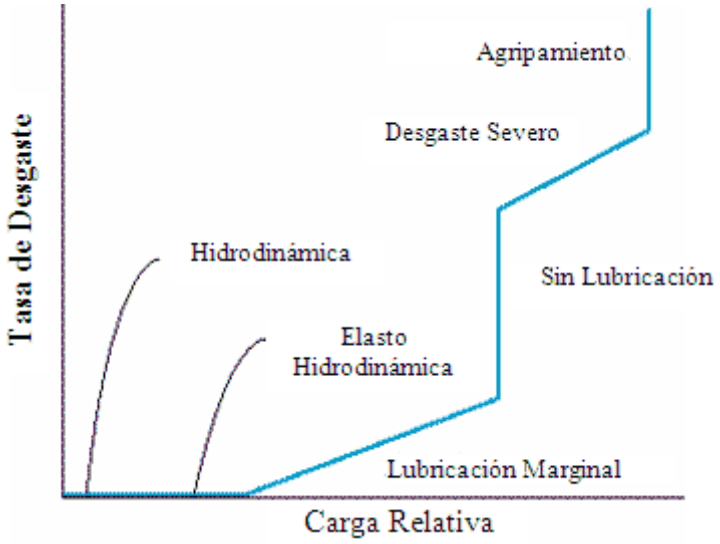


FIGURA 2.7 RAPIDEZ DEL DESGASTE PARA VARIOS REGIMENES DE LUBRICACIÓN. (17)

2.5.4 Lubricación Mixta

Es una condición intermedia entre las películas límite e hidrodinámica, en la cual un buen porcentaje de las crestas de las dos superficies interactúan presentándose la película límite y otras ya están separadas en las cuales la película límite no desempeña ninguna labor. En lubricación mixta el desgaste y el consumo de energía dependen tanto de las características de la película límite como de la resistencia a la cizalladura de la película fluida y de su estabilidad (IV).

Si las presiones en los elementos de máquinas lubricados resultan ser demasiado altas (alta carga) o las velocidades de operación son demasiado bajas, la película del lubricante se dispersa; existe algún contacto entre asperezas y entonces ocurre este tipo de lubricación. El comportamiento de la conjunción en un régimen de este tipo se rige por una combinación de efectos marginales y de película fluida. La interacción parcial ocurre entre una o más capas moleculares de películas de lubricación marginal. La acción parcial de la lubricación de película fluida se desarrolla en el volumen del espacio entre los sólidos. El espesor promedio de la película

en una conjunción de este tipo es menor a una micra pero mayor a 0.01 micras.

Es importante reconocer que la transición de la lubricación hidrodinámica a la mixta no ocurre instantáneamente a medida que la severidad de la carga se incrementa, sino que las presiones dentro del fluido que llena el espacio entre los sólidos opuestos soportan una proporción decreciente de la carga. A medida que ésta se incrementa, la mayor parte la soporta la presión de contacto entre las asperezas de los sólidos. Además el régimen de lubricación para superficies concordantes va directamente de la lubricación hidrodinámica a la mixta.

2.6 Curva de Stribeck y Beerbower

Entre 1900 y 1902 Stribeck realiza experimentos sistemáticos para medir el coeficiente de fricción, f, en cojinetes en función de la velocidad de giro, N, de la carga por unidad de área proyectada, P, y de la viscosidad, μ. Son la base de la teoría de Sommerfeld. La curva de Stribeck (aunque hay algunas dudas de que Stribeck la usara exactamente en la forma que se presenta aquí) representa las

características generales de superficies lubricadas en movimiento relativo entre sí.

La expresión:

$$\text{Número_de_Sommerfeld} = \frac{\mu P}{N} \qquad (2)$$

es conocida como el número de Sommerfeld. En la figura 2.8 se mantienen constantes N y P para representar la relación existente entre la viscosidad del fluido, μ, y el coeficiente de rozamiento, f.

La curva de Stribeck puede dividirse en tres zonas:

- **Zona I: lubricación hidrodinámica y elastohidrodinámica.** Las superficies del cojinete están perfectamente separadas con una película gruesa de fluido: no hay contacto directo entre las superficies que deslizan y por tanto prácticamente no hay desgaste. A medida que la viscosidad disminuye, decrece la película hasta el punto C.

- **Zona II: lubricación mixta o elastohidrodinámica parcial.** Es una transición entre la lubricación hidrodinámica y la

marginal, generalmente observada en el arranque o en la parada de maquinaria.

- **Zona III: lubricación marginal.** Donde toda la lubricación depende de los aditivos del lubricante que esta inmóvil o con un despliegue de velocidad casi nula.

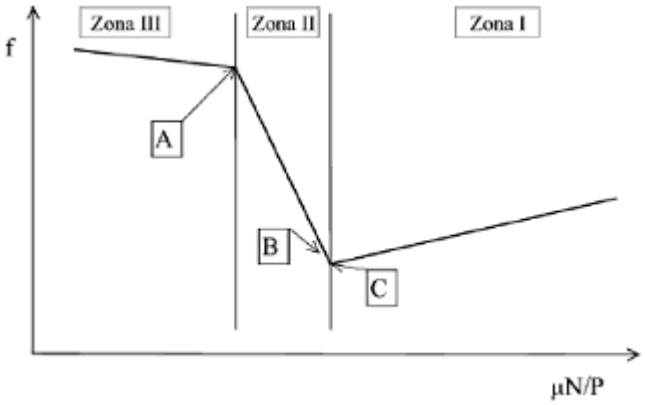


FIGURA 2.8 EFECTO DE LA VISCOSIDAD EN LA LUBRICACIÓN. (16)

De la figura 2.8 se puede deducir:

- Estando en la zona I, a medida que la viscosidad disminuye también decrece el espesor de la película hasta el punto C. Una mayor disminución de la viscosidad hace que pasemos al

punto B en el que se produce contacto ocasional entre las dos superficies debido a que la película es de muy pequeño espesor: el rozamiento en B y C es prácticamente igual, aunque en B la viscosidad del fluido es menor la resistencia al desplazamiento se debe en este caso al contacto entre las asperezas.

- El punto C es el punto ideal de funcionamiento (delimita además la zona estable de la inestable) puesto que proporciona un rozamiento mínimo con prácticamente desgaste nulo (figura 2.9). En la práctica se prefiere trabajar ligeramente a la derecha de C para tener un margen de seguridad.

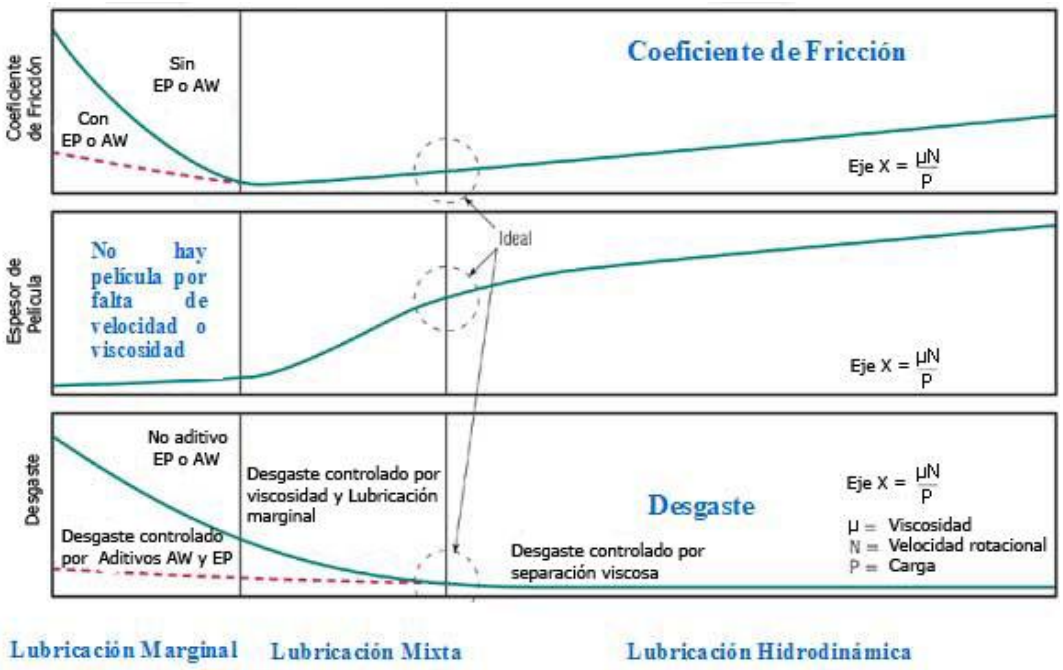


FIGURA 2.9 COEFICIENTE DE FRICCIÓN, ESPESOR DE PELÍCULA DE ACEITE Y DESGASTE SEGÚN EL TIPO DE LUBRICACIÓN. (16)

- Si en el punto B se reduce ligeramente la viscosidad rápidamente crece el coeficiente de rozamiento hasta el punto A. A partir de este punto la mayor parte de la carga es soportada por las asperidades y por tanto un reducción mayor de la viscosidad tiene muy poca influencia en el coeficiente de rozamiento.

En la figura 2.10 se observan las graficas de Stribeck y Beerbower, aquí se aprecian sus respectivos comportamientos.

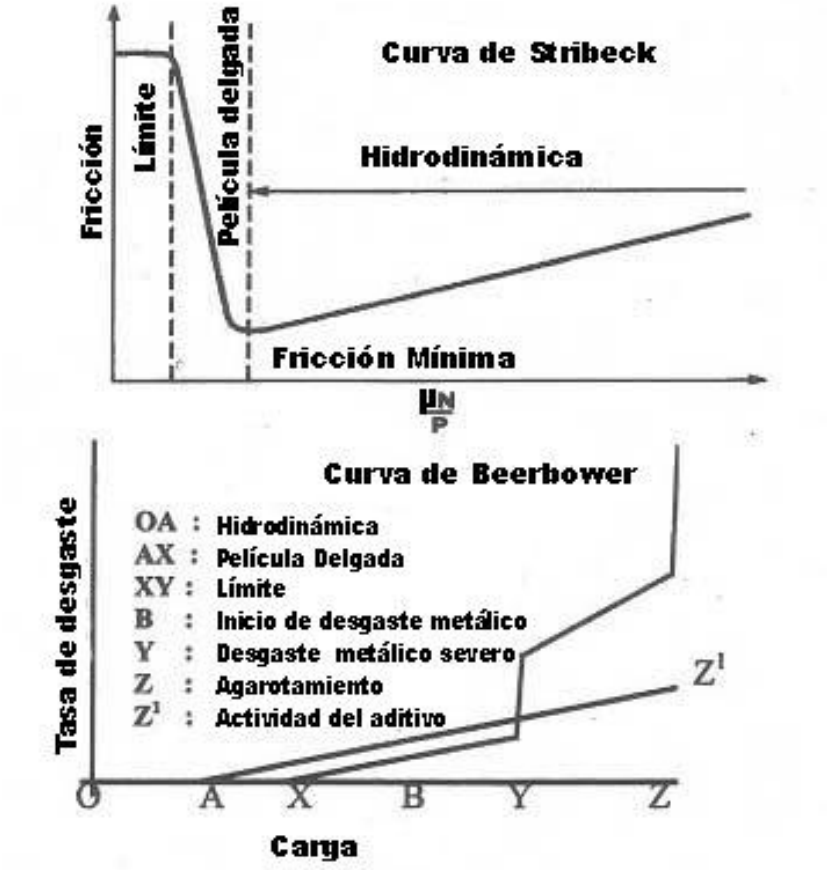


FIGURA 2.10 CURVAS DE STRIBECK Y BEERBOWER. (16)

En la figura 2.11 están los efectos de la reducción de viscosidad del lubricante y su comportamiento con la perdida de potencia. Aquí se puede ver el efecto de una alta viscosidad en la pérdida de potencia (energía o fuerza). A una velocidad muy baja, ganamos potencia con un aceite de mayor viscosidad, pero al subir la velocidad de las piezas las líneas se cruzan y perdemos potencia. Es por esto que

buscamos aceite viscoso para engranajes de baja velocidad y aceite delgado para todo lo que opera a altas velocidades.

El efecto de la lubricación elastohidrodinámica reduce la pérdida de potencia por baja viscosidad al mismo tiempo que reduce la fricción por baja velocidad. Esto actualmente protege las piezas con mucho menos velocidad que la Lubricación Hidrodinámica, reduciendo la dependencia en la Lubricación Marginal y Lubricación Mixta para proteger el equipo.

Entre más delgado el aceite, menos fricción, menos temperatura, y menos desgaste. Un aceite grueso causa mayor fricción. Es importante entender que la idea de subir la viscosidad para aumentar lubricación hidrodinámica aumenta fricción y consume más energía que puede ser reflejado en mayor consumo de combustible o electricidad. En términos generales la energía perdida por fricción varía con la raíz cuadrada de la viscosidad.

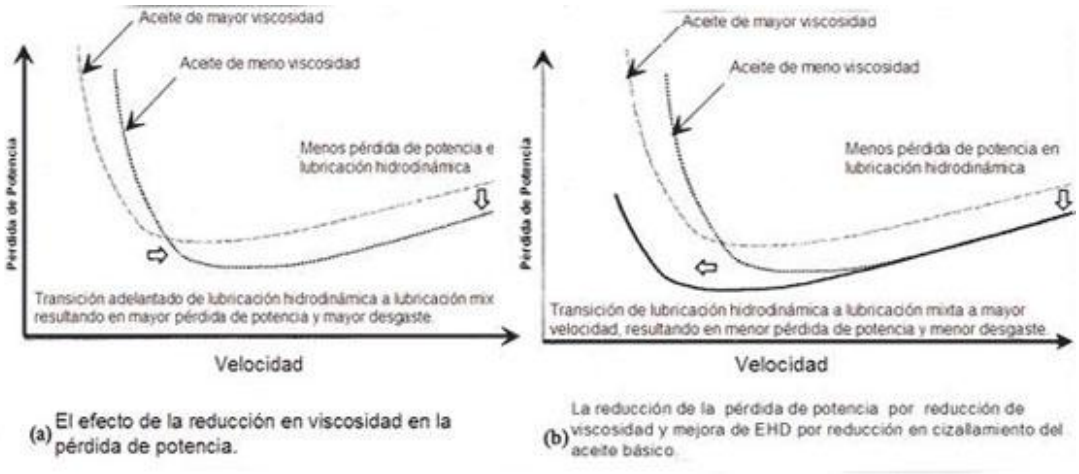


FIGURA 2.11 (A) EFECTO DE LA REDUCCIÓN DE LA VISCOSIDAD DEL ACEITE (B) EFECTO DE LA REDUCCIÓN DE LA VISCOSIDAD DEL ACEITE EN EHD, COMPORTAMIENTO LUBRICACIÓN MIXTA. (16)

2.7 Lubricantes y sus funciones.

Un lubricante es una sustancia que, colocada entre dos piezas móviles, no se degrada, y forma asimismo una película que impide su contacto, permitiendo su movimiento incluso a elevadas temperaturas y presiones.

Los lubricantes desempeñan una variedad de funciones. La principal, que además es la más evidente, es la de reducir la fricción y el desgaste en maquinaria en movimiento. Además, los lubricantes son capaces de:

- Proteger las superficies metálicas contra la oxidación y la corrosión.
- Controlar la temperatura y actuar como agentes de transferencia de calor.
- Lavar la suciedad y las partículas contaminantes producidas por el desgaste.
- Transmitir potencia hidráulica.
- Absorber o amortiguar golpes.
- Formar sellos.

2.8 Tipos de lubricantes

Los lubricantes derivados del petróleo están clasificados en una variedad muy amplia, de acuerdo con el servicio al que se han de aplicar en mayor proporción. Algunos de ellos se destinan, virtualmente, a usos especiales, mientras que otros pueden emplearse con éxito en una variedad tan extensa de maquinaria, que se convierten en productos de aplicación múltiple.

Al ingeniero de mantenimiento le interesa básicamente lo relativo a las clasificaciones siguientes:

- Aceites para sistemas circulatorios.
- Aceites para engranes.
- Aceites para maquinaria o para motores.
- Aceites para refrigeración.
- Aceites para husillos.
- Aceites para cilindros de máquinas a vapor.
- Lubricantes para cables de acero.
- Grasas con base de calcio, sodio, aluminio, litio o bario.
- Lubricantes sólidos y sintéticos.

2.8.1 Aceites circulantes.

Probablemente son éstos los lubricantes de más alta calidad que se pueden obtener en la actualidad. Es posible obtenerlos en una variedad comparativamente extensa de grados de viscosidad, es decir, desde aproximadamente 21 hasta 550 centistokes (100 a 2500 Segundos Saybolt Universal) de viscosidad a 100°F (37.8ºC).

En esta categoría quedan incluidos:

- Aceites para lubricación de turbinas de vapor.
- Aceites para sistemas circulatorios en trenes de laminado.
- Aceites para usos hidráulicos.
- Aceites para sistemas circulatorios para maquinaria papelera.
- Aceites para servicio pesado, para motores de combustión.

Los aceites para sistemas circulatorios pueden ser a base de parafina o de naftalina, de acuerdo con el servicio al que se destinen. Para los aceites destinados a turbinas, aceites hidráulicos y para trenes de laminación de acero, predominan en aplicación los primeros. Ni los aceites de base naftalínica ni los de parafina, se usan en la maquinaria papelera ni en los motores de servicio pesado. Los límites de viscosidad a 100°F (37.8ºC) se dan a conocer en la Tabla 9.

TABLA 10

MÁRGENES DE VISCOSIDAD PARA LOS ACEITES DE SISTEMAS CIRCULANTES. (1)

Tipo de servicio	Viscosidad a 100°F	
	Centistokes	SSU
Turbinas de vapor:		
Conectadas directamente	32–40	150–185
Con transmisión de engranajes intermedios	65–110	300–500
Hidráulica:		
Servicio ligero	21–54	100 250
Máquinas-herramienta	30–121	140–550
Servicio pesado	Hasta 154	Hasta 700
Trenes de laminación:		
La película de aceite envuelve al muñón en la chumacera, de acuerdo con el servicio	54–550	250–2 500
Maquinaria papelera:		
Chumaceras en los extremos de los rodillos secadores y de la sección de calandrias	87–187	400–850
Motores de combustión interna:		
Aceites SAE-30 a SAE-60, para servicio pesado, de acuerdo con las condiciones del servicio	110–370	500–1 700

Los aceites circulantes contienen aditivos. Los aceites hidráulicos son estabilizados para darles resistencia contra la oxidación y retardar la formación de óxidos en el sistema; usualmente también contienen dispersantes de espuma.

Los aceites de servicio pesado modernos, para motores de combustión interna, son refinados específicamente para trabajar a las altas temperaturas de las máquinas y para las cargas intensas en las chumaceras. Estos aceites son altamente resistentes a la oxidación y son estabilizados con aditivos detergentes y dispersantes.

2.8.2 Aceites para engranajes.

Estos pueden ser aceites puramente minerales con variaciones muy amplias de viscosidad, o de aceites combinados que contienen aditivos para presiones extremadamente altas, para mejorar la resistencia fílmica y la capacidad de carga.

Los aceites puramente minerales para engranajes para ser usados en plantas industriales o de fuerza, se encuentran normalmente entre los límites de SAE-80 a SAE-250. Estos aceites son adecuados para cajas de engranes rectos, cónicos, helicoidales, helicoidales cónicos, doble-helicoidales o de corona, en aquellos casos en que se trabaja con dispositivos de lubricación por salpicadura o por alimentación forzada, los grados de más baja viscosidad se emplean para la lubricación a temperaturas bajas, mientras que los grados gruesos, comprendidos entre SAE-140 a SAE-250, se seleccionan para servicios que normalmente sobrepasan los 100°F (37.8°C). Estos aceites son los más apropiados para las cargas promedio de los dientes y para las velocidades de los piñones.

En donde los engranajes, de estos tipos tengan que funcionar en forma expuesta (sin cubiertas) y se lubriquen por medio de baño o manualmente, la viscosidad del lubricante tiene que ser aumentada, con el fin de capacitar a la película lubricante para resistir la tendencia a ser desplazada por presión. Los engranajes que trabajan en forma expuesta o visible, generalmente no giran a mucha velocidad, pero por su localización quedan expuestos a grandes márgenes de cambios de temperatura, por ejemplo, el engranaje oscilante de una pala mecánica, o el engranaje del volteo de un convertidor para acero Bessemer. Para estos engranajes se puede aplicar un producto derivado residual del petróleo y que pueda ser mezclado también con alquitrán vegetal, para mejorar su capacidad adhesiva. Algunos de estos lubricantes tienen que ser rebajados con solventes, para facilitar su aplicación. Estos solventes o adelgazadores se evaporan más tarde de la película, pero como estos adelgazadores son inflamables, tales lubricantes no deben ser usados en lugares cerrados. También es importante considerar sus cualidades tóxicas.

Al iniciarse el empleo de engranes hipoidales y más tarde, cuando se diseñaron estos tipos de engranes industriales capaces de soportar mayores esfuerzos en los dientes, fue también desarrollado el tipo de lubricación para altas presiones. Los aceites para engranajes hipoidales son del tipo pesado, para que puedan soportar los extremos máximos de carga y de temperatura, con las que se trabaja en la actualidad, en la industria automotriz.

El tipo suave, no corrosivo, de aceite para engranajes, es, más que un lubricante, un auxiliar para uso de las plantas industriales. Un producto de tal naturaleza puede tener la misma capacidad de carga y la necesaria resistencia fílmica que los aceites para engranes hipoidales, pero la naturaleza de los aditivos lo coloca entre la categoría de los E.P., de consistencia suave. Este tipo de aceite para engranes es muy útil, no sólo para los engranes convencionales que trabajan acero contra acero, sino también en los mecanismos de engranajes a tornillo sinfín, en los que es de importancia que no se formen costras o adherencias. En realidad, es la cualidad no incrustante de tales aceites lubricantes la que sostiene la condición no

corrosiva de los mismos y la que convierte a tales productos en lubricantes de aplicación múltiple.

2.8.3 Aceites para motores.

Los aceites rojizos, puramente minerales, quedan comprendidos dentro de esta clasificación y se emplean para la lubricación de mecanismos de operación externa, de diferentes máquinas, tales como motores, bombas, compresores y maquinaria en general, en donde se aplicaba la lubricación mediante aceiteras o copas de aceite. Más tarde se adaptaron aceiteras de anillos, pero en la maquinaria moderna, en la que se instalan sistemas circulatorios de lubricación, se emplean los aceites de más alta calidad para turbina.

El promedio de los lubricantes llamados aceites para máquina o aceites para motores, son en general buenos como lubricantes "de una sola vez", pero como su resistencia a la oxidación es más baja que la de los aceites modernos de alta calidad para sistemas circulatorios,

los aceites de máquina ordinarios no se recomiendan para dar servicio en instalaciones en las que la formación de gomas y lodos tienen que sumarse a las dificultades que afronta el ingeniero de mantenimiento.

2.8.4 Grasas.

La American Society for Testing Materials (Sociedad Americana para Prueba de Materiales), define una grasa lubricante como "la combinación de un producto derivado del petróleo y un jabón o mezcla de jabones apropiada para ciertas aplicaciones de lubricación". El metal que se emplea para la fabricación del jabón metálico constituye la base de la grasa, por ejemplo, calcio, sodio, aluminio, litio o bario. Además, la mezcla de calcio y sodio produce lo que se denomina" como grasa de base mixta. La tabla 11 describe algunas de las propiedades y aplicaciones típicas de las grasas elaboradas con algunos espesadores comunes.

Las grasas se identifican además por el tipo y viscosidad del aceite derivado del petróleo que se emplea en su preparación su grado de plasticidad y por su punto de fusión. Una combinación de estos factores desarrollada científicamente, dará por resultado una grasa de marcada estabilidad y durabilidad sobre amplios límites de temperatura y condiciones de operación. La grasa para usos múltiples es un producto ideal, ya que reduce las posibilidades de aplicación errónea y simplifica los problemas de almacenamiento.

TABLA 11

GUÍA PARA APLICACIÓN DE GRASAS. (2)

Espesadores	Litio	Complejo de litio	Calcio	Complejo de calcio	Complejo de aluminio	Sodio	Poliurea	Arcilla
Propiedades								
Punto de goteo, °F	350–375	500+	200–225	500+	500+	325–350	550	Ninguna
Temperatura máxima promedio de uso, °F	275	300	175	325	300	250	350	275
Características a altas temperaturas	Buenas	Buenas	Pobres	Buenas	Buenas	Aceptables-buenas	Excelentes	Buena
Estabilidad térmica	Buena	Buena	Pobre	Buena	Buena	Aceptable-buena	Excelente	Buena
Características a bajas temperaturas	Buenas	Buenas	Aceptables	Aceptables-buenas	Aceptables-buenas	Aceptables	Buenas	Buenas
Facilidad de bombeo	Excelente	Excelente	Aceptable-buena	Aceptable	Aceptable-buena	Pobre	Buena-excelente	Buena
Estabilidad mecánica	Excelente	Excelente	Buena	Aceptable-buena	Excelente	Pobre	Excelente	Buena
Separación del aceite	Buena	Excelente	Pobre	Excelente	Buena	Aceptable-buena	Excelente	Excelente
Resistencia al agua	Buena	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Pobre	Excelente	Buena
Textura	Suave y mantequillosa	Suave y mantequillosa	Suave y mantequillosa	Suave y mantequillosa	Suave y mantequillosa	Mantequillosa a fibrosa	Suave y mantequillosa	Suave y mantequillosa
Protección contra la corrosión	Aceptable a buena	Buena	Pobre	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Pobre
Estabilidad contra la oxidación	Aceptable a buena	Buena	Pobre	Buena	Buena	Pobre	Excelente	Buena
Otras propiedades				Propiedades EP inherentes buenas		Propiedades adhesivas y cohesivas buenas		
Aplicaciones								
	Multiusos Todas las aplicaciones excepto a temperaturas muy altas	Multiusos Muchos usos	Donde el agua es el factor dominante Condiciones húmedas y de temperaturas moderadamente bajas Chumaceras y cojinetes de rodillos, bombas de agua, deslizadores	Altas temperaturas Condiciones corrosivas No se emplean en sistemas centralizados de lubricación	Multiusos Temperaturas ligeramente altas	Cojinetes antifricción y chumaceras Motores eléctricos, ventiladores Debe emplearse en condiciones secas	Multiusos Altas temperaturas Cojinetes antifricción y chumaceras Motores eléctricos, ventiladores Condiciones húmedas Condiciones corrosivas	Multiusos Altas temperaturas

Es una idea generalizada que las grasas se deben elegir en aquellos sitios en los que un aceite fluido no sería retenido a consecuencia de la construcción de la caja o por el cierre defectuoso de los sellos. En el diseño moderno, estos conceptos han quedado relegados al pasado; en la actualidad, los cojinetes de bolas y rodillos, por ejemplo, han alcanzado un grado de precisión tal y los sellos son tan perfectos, que es posible una lubricación permanente de por vida del balero con sólo unos cuantos gramos de grasa. Además, es posible obtener ahora grasas capaces de soportar el funcionamiento de los mecanismos entre los límites de temperatura muy amplios. Las instalaciones de ese tipo son altamente deseables para el ingeniero de mantenimiento. Pero esto condiciona también bien un manejo extremadamente cuidadoso de los cojinetes sellados, cuando hay necesidad de desmontar las chumaceras y separarlas de los otros elementos de los mecanismos durante los trabajos de reparación general. Un sello hermético de cojinetes sostiene su efectividad sólo mientras no se le maltrata. Manipulaciones ejecutadas con descuido o el baño en

solventes puede conducir a la entrada de polvos abrasivos por la acción del aire.

La protección del sistema de lubricación por medio de grasa en las labores de mantenimiento es tan importante como la protección misma de las chumaceras y otras partes del mecanismo sujetas a lubricación. Los sistemas modernos de lubricación a base de grasa a presión, que comprenden muchas conexiones, purgas de control, tramos largos de tubería y un elemento de bombeo digno de confianza, cuestan miles de dólares. El descuido al usar las herramientas alrededor de estos elementos, o los golpes inadvertidos que podrían recibir durante las maniobras de movimiento de vigas de acero o de andamios, pueden dejar fuera de servicio una o más líneas, debido al aplastamiento o a la fuga por rupturas en las líneas de tubería. El costo de reparación resultante puede alcanzar cifras alarmantes, por cuyo motivo el ingeniero de mantenimiento debe estar muy alerta y trabajar junto con el personal de operación para cerciorarse de que los encargados del manejo de la maquinaria están debidamente al tanto de la importancia

que encierran todos los elementos componentes del sistema de engrasado a presión para la conservación de la unidad a su cuidado.

2.8.5 Lubricantes sintéticos y sólidos.

Los lubricantes sintéticos no tienen su origen directo del crudo o petróleo, sino que son creados de sub-productos petrolíferos combinados en procesos de laboratorio. Al ser más larga y compleja su elaboración, resultan más caros que los aceites minerales. Son de máxima calidad, especialmente diseñado para vehículos con tratamientos de gases de escape y para cumplir los más exigentes requisitos de los motores de vehículos más actuales. Su estudiada formulación con reducido contenido en cenizas (Mid SAPS) lo hace adecuado para las últimas tecnologías de motores existentes y a la vez contribuye a la conservación del medio ambiente minimizando emisiones nocivas de partículas. Cualidades que lo hacen altamente recomendado para vehículos gasolina y diesel con o sin turbocompresores y que incluyan tratamientos de gases de escape. Fórmula optimizada con aditivos antifricción de alta calidad contribuyendo al ahorro de

combustible a la vez que proporciona la protección antidesgaste adecuada para motores de altas prestaciones. Bajo consumo de lubricante por su tecnología sintética y estudiada viscosidad. Producto de larga duración, que puede prolongar notablemente los intervalos de cambio de aceite sin sacrificar la limpieza del motor. Excelente comportamiento viscosimétrico en frío; facilidad de bombeabilidad del lubricante en el arranque, disminuyendo el tiempo necesario de formación de película y por tanto reduciendo el desgaste. Su reducido contenido en cenizas, lo hace necesario para la durabilidad de las nuevas tecnologías de disminución de emisiones como filtro de partículas diesel (DPF), contribuyendo por tanto en mayor medida a la conservación del medioambiente que los lubricantes convencionales.

La tabla 12 nos muestra las principales características de los lubricantes sintéticos.

TABLA 12

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS LUBRICANTES SINTÉTICOS. (1)

	Propiedades de flujo a baja temperatura	Susceptibilidad a inhibidores	Resistencia a la oxidación	Solubilidad en el agua	Estabilidad térmica	Cualidades de lubricación	Grado de viscosidad
Hidrocarburos	Buenas a 0°F, aunque algunos son satisfactorios a −40°F	Desde mala hasta buena de acuerdo con el tipo	Regular hasta buena de acuerdo con el tipo	Insoluble	Mala hasta buena de acuerdo con el tipo	Comparables con las de los aceites de petróleo equivalentes	Ligeramente más alto que en los aceites de petróleo con base de parafina
Oxidos polialquilenos y polietéricos (glicoles)	Generalmente buenas a −40°F	Generalmente regulares	Baja	La mayoría solubles en el agua; algunos insolubles	Propios para trabajar a altas temperaturas	Buenas, en donde la aplicación de altas temperaturas requiere vaporización con el mínimo de residuos	Hasta 150
Esteres	Generalmente buenas a −70°F	Buena	Regular	La mayoría insolubles	Tienen un alto punto de inflamación		Hasta 150
Silicios	Buena a −70°F	Mala	Buena hasta 390°F; arriba de esta temperatura se oxidan rápidamente	Insolubles	Buena	La mayoría tiene cualidades efectivas sólo cuando la superficie es no ferrosa. Los aditivos las mejoran	Alto
Fluoruros de carbono ...	Regular		Excelente	Insolubles	Excelente, aunque la volatilidad puede ser alta	No se conocen bien	Abajo de 100

* Tomado de "Basic Lubrication Practice", Por Allen F. Brewer, Reinhold Publishing Corporation, New York.

Así como los lubricantes sintéticos los lubricantes sólidos no son derivados del petróleo.

Los lubricantes sólidos como el grafito, el bisulfuro de molibdeno (moly) y el PTFE (politetrafluoroetileno), no se emplean solos únicamente, sino que, con frecuencia, también se les adicionan a aceites y grasas para mejorar su desempeño bajo condiciones de lubricación de frontera.

La tabla 13 muestra las cualidades y características, así como la adaptabilidad al servicio de lubricación de los lubricantes sólidos.

TABLA 13

LUBRICANTES SÓLIDOS. (1)

Producto	Cualidades y características	Adaptabilidad al servicio de lubricación
Bentonitas	Se producen por la reacción de hidrosilicato de magnesio aluminio o barro bentonítico con una sal amoniacal. Sus características son: estabilidad a temperaturas altas, resistencia al agua; no se licuan	Efectiva en combinación con grasas derivadas del petróleo. Se preparan mediante un proceso de gelatinización. No se emplea jabón Es muy adecuada para servicio a temperaturas altas y contenido de agua excesivo
Greda (o arcilla de Batan)	Con base silicosa-división fina	Puede aplicarse seca o mezclada con agua, aceite ligero o grasa. Es efectiva para retardar la corrosión por fricción. Resistente a altas temperaturas hasta de unos 700°F
Grafito	Extraído del coque o del carbón de antracita. Molido hasta obtener grafito coloidal utilizable en la lubricación Su naturaleza escamosa en forma de laminillas agrupadas una sobre otra, produce el efecto lubricante al deslizarse estas laminillas una sobre otra durante el movimiento	Puede emplearse seco o mezclado con aceite o grasa. Su inercia química lo capacita para trabajar en donde se requiere una alta estabilidad térmica. La temperatura máxima a la que se puede usar es aproximadamente 1 500°F No es muy efectivo para evitar la corrosión si se aplica en seco
Bisulfuro de molibdeno (MoS_2)	Estable en altas temperaturas. Tiene buena tenacidad superficial. Su coeficiente de fricción es bajo	Es efectivo para reducir la fricción en altas velocidades de deslizamiento. Puede ser mezclado con algún solvente para aplicarlo a las partes que han de ser lubricadas. Para obtener los mejores resultados de un lubricante químicamente activo de este tipo, las superficies del metal deben mantenerse *limpias*
Mica	Un mineral natural que es finamente pulverizado	Puede usarse igual que el talco, como material de pulimento para obtener superficies de acabado fino en partes de máquinas. Algunas veces se agrega a ciertos lubricantes como material de relleno o para aumentar la viscosidad
Talco	Esteatita pulverizada	Se usa como material de pulimento para el acabado de superficies en partes de máquinas
Oxido de zinc (ZnO_2)	De color blanco. Partículas muy pequeñas del polvo —no requiere molienda. Tiene un coeficiente de fricción bajo	Se emplea como un elemento componente en el aceite mineral que se usa en la lubricación de partes en donde se manejan productos expuestos a descomposición, como son el manejo y manufactura de productos alimenticios y carnes

* Tomado de "Basic Lubrication Practice", por Allen F. Brewer, Reinhold Publishing Corporation, New York.

2.9 Propiedades importantes de los lubricantes

Algunas de las propiedades físicas y químicas de los lubricantes se miden y se emplean para determinar su adecuación para distintas aplicaciones.

2.9.1 Propiedades de los aceites

Viscosidad. Por lo general, de las diversas propiedades y especificaciones de los lubricantes, se considera a la viscosidad (también conocida como "cuerpo" o "peso") como la más importante. La viscosidad es la medida de la fuerza necesaria para vencer la fricción de fluidos y permitir a un aceite que fluya.

La industria emplea numerosos sistemas diferentes para expresar la viscosidad de un aceite. La figura 2.12 ofrece una comparación de algunos de los más comunes. Por lo general, las especificaciones de los lubricantes expresan a la viscosidad en unidades Saybolt Universal (SUS o SSU) a 37.8 y 98.9°C (100 y 210°F) y/o en centistokes (cSt) a 40 y

100°C (104 y 212°F). Cuando la viscosidad se expresa en centistokes, se llama viscosidad cinemática.

El centistoke se ha convertido en la unidad de medida preferida debido a la tendencia general hacia el uso del sistema métrico y al establecimiento del sistema de identificación de grado de viscosidad de la International Organizaron for Standarization (ISO). El sistema de grado de viscosidad de la ISO, contiene 18 grados que comprenden un rango de viscosidad que va desde 2 a 1500 cSt a 40°C. Cada grado es aproximadamente un 50% más viscoso que el anterior.

Los laboratorios determinan la viscosidad de manera experimental mediante el uso del viscosímetro (Figura 2.13). El viscosímetro mide la viscosidad cinemática del aceite por el tiempo (en segundos) que le toma a un volumen determinado de lubricante pasar a través de un capilar de un tamaño específico, a una temperatura dada. Entonces, la viscosidad cinemática se deriva de cálculos basados en constantes para el viscosímetro y en el tiempo que le tomó a la muestra pasar a través del instrumento.

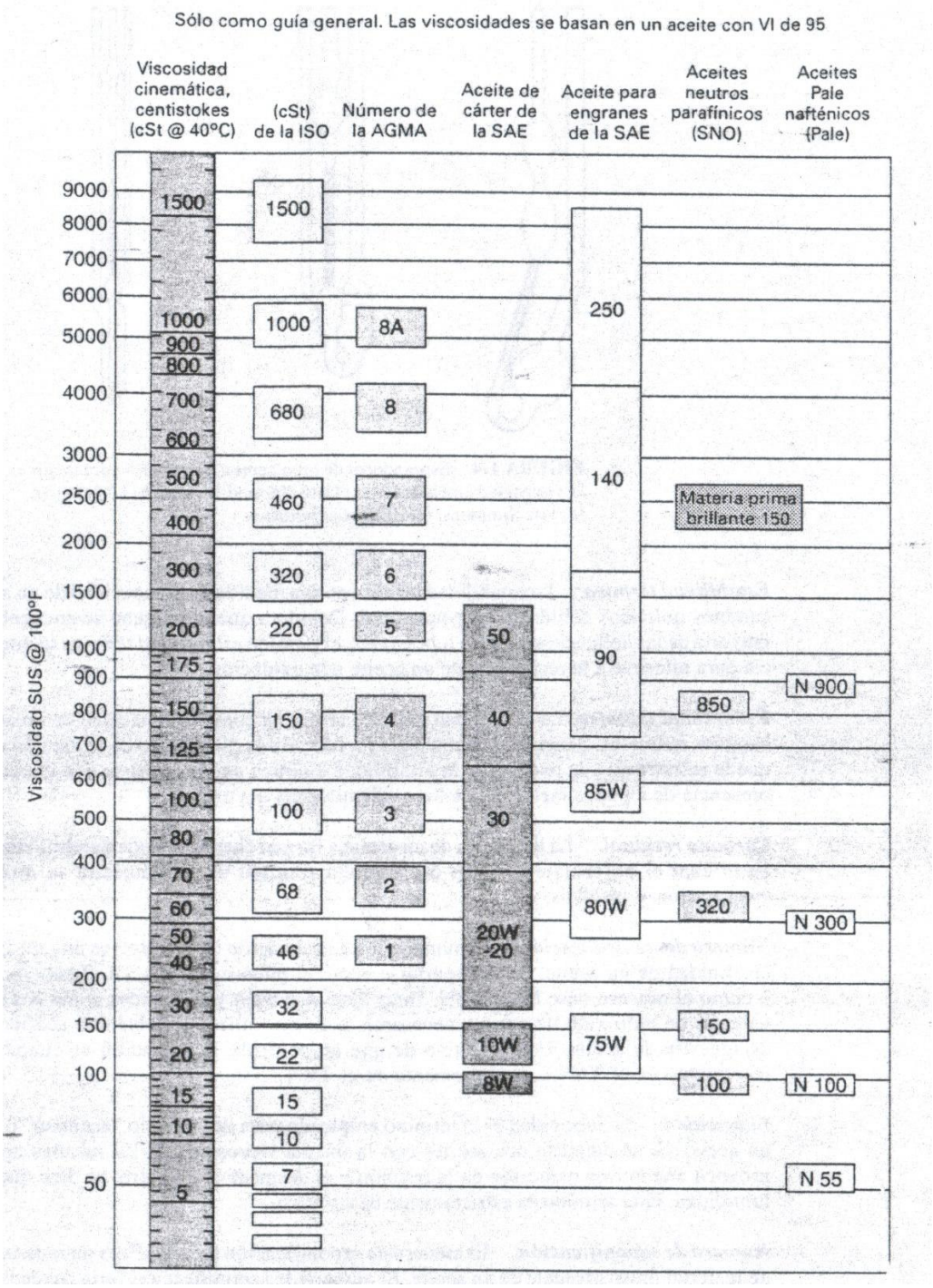


FIGURA 2.12 COMPARACIONES ENTRE EL GRADO DE VISCOSIDADES DEL ACEITE BASE Y DEL PRODUCTO TERMINADO. (TEXACO LUBRICANTS COMPANY). (2)

Los espesadores de tubo capilar empleados para medir la viscosidad cinemática tienen los siguientes nombres según la figura 2.13: (a) Oswald modificado, (b) Ubbelohde, (c) Fitz Simmons.

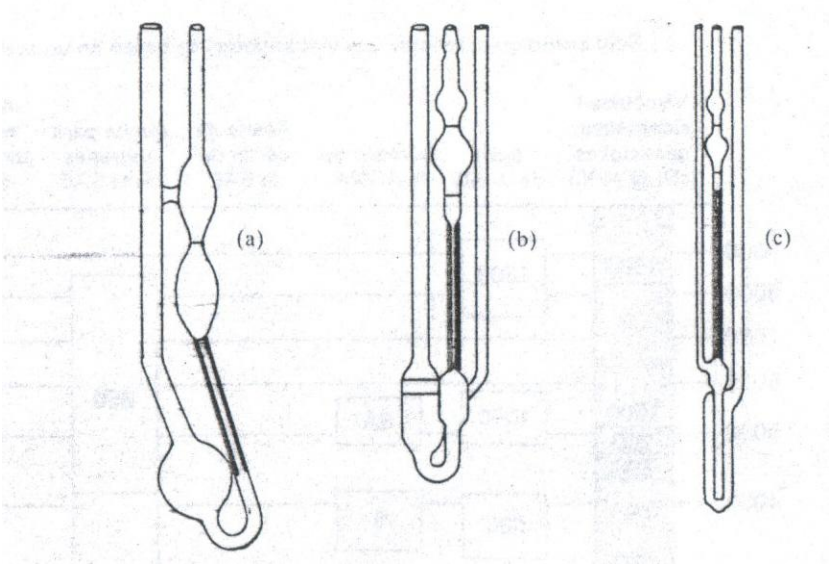


FIGURA 2.13 ESPESADORES DE TUBO CAPILAR EMPLEADOS PARA MEDIR LA VISCOSIDAD CINEMÁTICA. (GULF OIL CORPORATION). (2)

Índice de viscosidad. El índice de viscosidad (VI, Viscocity Index) es una medida empírica del cambio de viscosidad en un aceite por acción de la temperatura. Entre mayor sea el

valor del índice de viscosidad, será menor el cambio de la viscosidad del aceite con la temperatura. Los valores originales del índice de viscosidad se encontraban en el rango de 0 a 100; en la actualidad se han logrado valores mayores a 100 con algunos aceites sintéticos o mediante el uso de aditivos. Cuanto más grande es el número, menor es el cambio relativo de la viscosidad con la temperatura.

Como medida de la variación de la viscosidad de un aceite con la temperatura se definió el llamado índice de viscosidad, obtenido por comparación de dos aceites patrón, uno procedente de Pensilvania, de naturaleza parafínica y otro de la costa del Golfo de México, de naturaleza nafténica.

Para hallar el índice de viscosidad de un aceite dado, se toma un aceite de Pensilvania (al que se le da un índice de 100, que significa que su viscosidad varia poco con la temperatura) y el aceite del Golfo de México (dándole un índice 0, que significa que la variación de la viscosidad con la temperatura es mayor) cuyas viscosidades a 210 ºF (98 ºC) fuesen iguales a la del aceite a examen a dicha temperatura. Después se determina la viscosidad de los tres aceites a 100 ºF (38 ºC) y se calcula el cociente.

$$IV = \frac{\nu_0 - \nu}{\nu_0 - \nu_{100}} \times 100 \quad (3)$$

Estabilidad de oxidación. La estabilidad de oxidación define la capacidad de un lubricante para resistir la degradación a temperaturas elevadas. Los productos de la oxidación incluyen depósitos carbonosos, sedimentos, barnices, resinas y ácidos, tanto corrosivos como no corrosivos. Por lo general, la oxidación trae consigo un incremento en la viscosidad y en la acidez del lubricante.

La velocidad de oxidación depende de la composición química del aceite, de la temperatura ambiente, de! tamaño del área de la superficie expuesta al aire, del periodo que el lubricante ha estado en uso y de la presencia de contaminantes que pueden actuar como catalizadores de la reacción de oxidación.

La estabilidad de oxidación puede medirse o expresarse en diferentes formas, de acuerdo con el uso final para el cual se destinó el aceite. Todas las pruebas de estabilidad de oxidación se basan en someter una muestra de aceite a

condiciones que incrementarán en gran medida la velocidad de oxidación. Entonces, se mide la concentración de los productos de la reacción. La prueba D-943 de la American Society for Testing and Materials (ASTM), es la que se aplica con más frecuencia. Se lleva a cabo bajo condiciones preestablecidas y mide el tiempo (en horas) en el cual la acidez de una muestra de aceite se incrementa en una cantidad especificada. A medida que el aceite sen más estable, mayor será el tiempo que pase para que se presente un cambio en la acidez.

Los análisis aplicados a un aceite ya usado para determinar si es conveniente que continúe en uso, se basan en comparaciones entre éste y un aceite nuevo. Cuando se detecta un incremento en la viscosidad o en la acidez y en la presencia de contaminantes insolubles, es indicativo de que la oxidación ha ocurrido.

Estabilidad térmica. La estabilidad térmica es una medida de la capacidad de un aceite para resistir cambios químicos debidos a la temperatura. Debido a que el oxígeno se encuentra presente en la mayoría de las aplicaciones de los

lubricantes, el término estabilidad térmica se emplea con frecuencia para referirse a la resistencia de un aceite a la oxidación.

Estabilidad química. La estabilidad química se define como la capacidad de un aceite para resistir cambios químicos. Se emplea también para referirse a la estabilidad de oxidación de un aceite. Más que la resistencia a la oxidación, la estabilidad química puede referirse a ¡a inercia de un aceite en presencia de algunos metales y de los contaminantes del exterior.

Carbono residual. La tendencia de un aceite a formar carbono puede determinarse con una prueba en la cual el porcentaje en peso del carbono residual de una muestra se mide después de la evaporación y pirólisis.

Número de neutralización. El número de neutralización (Neut. No.) es una medida de la acidez o alcalinidad de un aceite. Suele reportarse como el número ácido total (TAN, Total Acid Number) o como el número base total (TBN, Total Base Number) y se expresa como los miligramos equi-

valentes de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar el contenido acídico o básico de 1 g de muestra de aceite. Un indicativo de que ha ocurrido la oxidación es cuando se presenta un incremento en el TAN o un decremento en el TBN.

Lubricidad. La lubricidad es el término empleado para describir lo "aceitoso" o "resbaladizo" de un aceite. Sí se emplean dos aceites con la misma viscosidad en las mismas aplicaciones y uno provoca una mayor reducción en la fricción y el desgaste que el otro, se dice que tiene una mejor lubricidad. Este término es estrictamente descriptivo.

Número de saponificación. El número de saponificación (No. SAP) es un indicador de la cantidad de material graso presente en un aceite. El número de saponificación varía desde 0, para aceites que no contienen material graso, hasta 200, para aquellos con un 100% de material graso.

Demulsibilidad. La demulsibilidad es el término utilizado para describir la capacidad de un aceite para desprenderse del agua. Cuanto mayor es la demulsibilidad de un aceite,

más rápido se separará del agua después que ambos han sido mezclados.

Gravedad API. La gravedad API es una medida relativa de la gravedad unitaria de un producto del petróleo. Está relacionada con la gravedad específica de la siguiente manera:

$$\text{Gravedad_API_a_60ºF} = \frac{141.5}{\text{gravedad_específica_a_60ºF}} - 131.5 \qquad (4)$$

Punto de fluidez. El punto de fluidez es la temperatura más baja a la cual un aceite fluye en un procedimiento de prueba determinado. No se recomienda emplear un aceite a temperaturas menores a 8°C (15°F) por arriba de su punto de fluidez.

Punto de inflamación. El punto de inflamación es la temperatura del aceite a la cual los vapores provenientes del mismo se inflaman cuando se pasa una llama viva sobre una muestra de prueba.

Punto de combustión. El punto de combustión es la temperatura del aceite a la cual los vapores provenientes del mismo se inflaman sin necesidad de aplicar una llama de una fuente externa.

2.9.2 Propiedades de las grasas

Penetración. La penetración es un indicador de la dureza o suavidad relativa de una grasa, y no un criterio de su calidad. Se mide en un penetrómetro a 25°C (77°F) y es la profundidad de penetración (en diezmilésimas) que un cono estándar de 150 g alcanza dentro de la grasa. A mayor suavidad de la grasa, mayor será el valor de penetración.

Si la prueba de penetración se realiza en una muestra "no perturbada", los resultados se reportan como penetración no trabajada. Si la muestra se somete a extrusión con un pistón reciprocante perforado para un número determinado de golpes (por lo general 60 golpes) antes de realizar la prueba de penetración, los resultados se reportan como penetración

trabajada. Es deseable tener la menor diferencia posible entre los resultados de ambas pruebas.

Valores de consistencia NLGI. El National Lubricating Grease Institute (NLGI) ha diseñado un sistema numérico que va desde un valor 000 (triple cero) hasta un valor de 6 para identificar varios grados de consistencia en grasas. El sistema se emplea en la mayoría de las industrias. La tabla 14 proporciona los números del NLGI, sus rangos correspondientes de penetración trabajada y sus descripciones (su consistencia correspondiente). La mayoría de las grasas de uso múltiple son de consistencia No. 1 o 2.

TABLA 14

CLASIFICACIÓN DE LAS GRASAS DEL NLGI. (2)

Grado de consistencia NLGI	Penetración trabajada, según la prueba D-217-60T de la ASTM	Descripción
000	445–475	Muy fluida
00	400–430	Fluida
0	355–385	Semifluida
1	310–340	Muy suave
2	265–295	Suave
3	220–250	Semirrígida
4	175–205	Rígida
5	130–160	Muy rígida
6	85–115	Dura

Punto de goteo. El punto de goteo es la temperatura a la cual una grasa se licúa y fluye. Por lo general no se recomienda usar una grasa a temperaturas superiores a los 28°C (50°F) por debajo de su punto de goteo.

Jabón. El espesador para fabricar las grasas puede llamarse "jabón". Muchas grasas contienen jabones metálicos como espesadores. La tabla 10 muestra una comparación de algunas de las propiedades más importantes de las grasas fabricadas con diferentes jabones y sus aplicaciones más comunes.

2.10 Aditivos empleados en los lubricantes.

Es posible mejorar la capacidad natural de un lubricante para proteger superficies metálicas, resistir cambios químicos y eliminar contaminantes, mediante el uso de aditivos químicos.

Dado que, con frecuencia, a los aceites lubricantes industriales se les describe por los aditivos que contienen, es de mucha ayuda

entender las funciones de los tipos más importantes de aditivos. A continuación se presentan algunas definiciones generales de los más comunes.

2.10.1 Aditivos empleados en aceites lubricantes.

Agentes antidesgaste (A.W.). Disminuyen el coeficiente de fricción y reducen el desgaste bajo condiciones de lubricación de frontera (o límite) o de película mezclada.

Agentes antiespumantes. Provocan la rápida desintegración de las burbujas de espuma y la liberación del aire atrapado en ellas.

Agentes antisépticos o bactericidas. Evitan el crecimiento de microorganismos y bacterias. Se encuentran sobre todo en refrigerantes solubles en agua. Agentes de pegado. Mejoran las cualidades adhesivas de un aceite.

Agentes de presión extrema (E.P.). Protegen contra el contacto metal con metal y contra la soldadura después de

que la película de aceite se ha quebrado debido a las altas velocidades de deslizamiento. La mayoría de los aceites de presión extrema que se encuentran en el mercado en la actualidad, son del tipo sulfuro-fósforo y no son corrosivos para la mayoría de los metales, incluyendo al latón. Éste no era el caso de las primeras fórmulas y por ello persisten algunos malentendidos en este sentido.

Agentes dispersantes de detergente. Reducen la formación de barniz y sedimento y actúan como agentes limpiadores. Por lo general, se les encuentra en aceites para motores.

Compuestos "aceitosos" o grasosos. Mejoran la lubricidad o lo resbaladizo de un aceite. La fricción se reduce con la formación de una película adsorsiva.

Demulsificantes. Mejoran la capacidad natural de un aceite para separarse del agua con rapidez. Estos agentes contribuyen a prevenir la oxidación ya que ayudan a que el agua no se mezcle con el aceite y, por lo tanto, la mantienen lejos de las superficies metálicas.

Emulsificantes. Permiten el mezclado de aceite y agua para formar emulsiones estables. Se emplean ante todo para la fabricación de aceites solubles en agua.

Inhibidores de oxidación. Evitan o retardan la oxidación de un lubricante, lo cual reduce la formación de depósitos y ácidos.

Inhibidores de oxidación y corrosión. Mejoran la capacidad de un aceite para proteger las superficies metálicas contra la oxidación y la corrosión.

Mejoradores del índice de viscosidad. Aumentan el índice de viscosidad de un aceite al incrementar su viscosidad a altas temperaturas. Estos aditivos se emplean con mayor amplitud en aceites para motores a fin de obtener aceites multigrados.

Reductores del punto de fluidez. Disminuyen el punto de fluidez de los aceites de petróleo parafínicos o de base mezclada.

2.10.2 Aditivos empleados en grasas lubricantes.

Inhibidores de Oxidación. Extienden la vida útil de la grasa.

Aditivos para extrema presión. Controlan y reducen el quebrado de piezas por presiones.

Aditivos Anticorrosivos. Protegen el metal contra ataque de agua, ácidos que se forman, y elementos corrosivos.

Aditivos Antidesgaste. Previenen el contacto entre metales y desgaste abrasivo.

CAPÍTULO 3

3. CONSIDERACIONES Y PROCEDIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE LUBRICACIÓN.

En el presente capítulo se tratará acerca de las consideraciones que hay que tomar y los procedimientos que hay que tener en cuenta para la elaboración de un plan de lubricación a las maquinarias y equipos principales de la empresa DOLTREX S.A.

3.1 Hojas de registro usadas actualmente en el mantenimiento.

Formalmente en la actualidad no existe un programa que controle los trabajos de mantenimiento preventivo o cartas de lubricación de las máquinas y equipos principales en la empresa DOLTREX S.A.; tal como se mencionó en la sección 1.3 la lubricación actualmente gira en torno a 3 tipos de lubricantes: un aceite para engranajes de SAE 80W90, un aceite para transferencia de calor o diatérmico ISO 46 y grasa multipropósito de NLGI 2.

El encargado de llevar a cabo las direcciones de las labores de lubricación en la planta es el supervisor de producción. Él es, el que dictamina cuando se hacen los trabajos, es decir, el lleva la frecuencia de lubricación. Los pedidos de los lubricantes al encargado de compras son hechos por él. En la sección 1.3 se dio con más detalle los intervalos de lubricación de las máquinas y equipos principales por sección.

Aunque no se lleva un cronograma de mantenimiento preventivo, sí hay un registro de los trabajos de mantenimiento preventivo realizados en las máquinas, cuyo modelo está expuesto en el apéndice A.

La hoja de registro es un expediente u hoja de vida del equipo que a continuación se describe su contenido:

a) Los datos técnicos o de placa del equipo, entre los cuales se encuentran:

- Máquina
- Marca
- Modelo
- Serie
- Año de fabricación
- Color

b) El mantenimiento establecido, en el cual describe el trabajo de lubricación a realizar, algo general, el tipo de lubricante a utilizar y esta es la única parte en la cual hay una frecuencia de trabajo establecido, en el cual consta lo siguiente:

- Lubricación engrase
- Cambio de aceite reductora
- Cambio de aceite diatérmico
- Tipo de grasa
- Tipo de aceite hidráulico

- Tipo de aceite diatérmico
- Tipo de aceite transmisión

c) Luego tenemos la parte donde se lleva el registro del mantenimiento realizado, sea preventivo o correctivo, y hay tres columnas que consta lo siguiente:

- Fecha (se coloca la fecha en que se realizó la labor de mantenimiento)
- Mantenimiento realizado (una breve descripción de la tarea realizada)
- Repuestos utilizados (se anota las piezas o repuestos que fueron cambiados en la labor de mantenimiento)

Esta hoja de vida de las máquinas es muy importante considerarla para la elaboración del plan de lubricación de las maquinarias y equipos principales puesto que provee de datos de labores de lubricación llevadas en la empresa. Esta hoja nos permitirá evaluar si se ha estado llevando la lubricación conforme a las recomendaciones del fabricante dados en el manual del equipo. El encargado de llenar esta hoja es el supervisor de planta.

3.2 Manuales de equipos y recomendaciones de fabricantes.

Los manuales de los equipos es una de las consideraciones más importantes para llevar a cabo el plan de lubricación y para el análisis del plan de mantenimiento actual llevado en la planta.

En estos manuales podemos encontrar en su mayoría el siguiente esquema:

- Planos de la máquina y de sus sistemas ya sean neumáticos, hidráulicos o eléctricos.
- Descripción del equipo.
- Datos técnicos.
- Transporte.
- Instalación.
- Funcionamiento.
- Mantenimiento.
- Repuestos.

Evidentemente lo que más interesa en los manuales del equipo para nuestro propósito es la sección de mantenimiento.

En la sección de mantenimiento en la mayoría de los casos se describe las tareas de mantenimiento preventivo a realizar en el equipo con la respectiva frecuencia entre cada trabajo. Entre estos trabajos de mantenimiento consta lo que es:

- Inspección.
- Limpieza.
- Lubricación.

Por lo general esta sección también tiene una parte que trata el uso correcto de los lubricantes y que enfatiza usar el lubricante que se recomienda y no cambiarlo por otro. En algunos casos el lubricante que se recomienda no se encuentra disponible en el medio donde está instalado el equipo entonces se da una tabla de lubricantes, en la cual describe las diversas equivalencias de lubricantes referente a otras marcas.

Esto es de gran ayuda para la persona que se va a dedicar a llevar el cronograma de mantenimiento de las maquinarias y equipos principales porque los datos brindados en esta sección es hecho por personas especializadas en el medio de la construcción y mantenimiento que han tenido la experiencia a través de sus ventas

de equipos y son los que han hecho los debidos estudios, cálculos y evaluaciones para poder diseñar la viscosidad y característica del lubricante a utilizar tomando en cuenta factores como cargas, velocidades, temperatura, entre otros; a parte determinar que tareas de mantenimiento y con que frecuencia se debe cuidar al equipo.

Las recomendaciones del fabricante son muy importantes pero no son imperativas, ya que sus estudios son en base al medio ambiente donde se manufacturó el equipo y este dato es de vital importancia para poder seleccionar el correcto lubricante.

Considerar el medio ambiente donde se fabricó el equipo y se hizo los estudios de los lubricantes a utilizar es muy importante porque las temperaturas y humedades no son las mismas. No sólo es la viscosidad nuestra base para seleccionar un lubricante sino sus aditivos y en que medio de humedad y temperatura va a trabajar. Son los aditivos los que van a hacer la diferencia ya que estos son los que le dan el valor agregado al lubricante y determinarán en qué medio pueden trabajar con más eficiencia.

Los datos de los fabricantes de la máquina son el gran primer paso que hay que considerar para sacar adelante un plan de lubricación.

3.3 Recolección de datos en planta.

Una vez que se han consultado las recomendaciones de los fabricantes es necesario comprobar que parte de lo que indiquen se ha estado elaborando en la planta y para ello es necesario realizar entrevistas y preguntas a las personas que forman parte de la elaboración de las tareas de mantenimiento y sobre todo lo que respecta a la lubricación.

Por lo general se debería consultar primero como es el proceso de lubricación en planta, si hay un plan de mantenimiento preventivo activo, que personal lo está realizando y quien lo dirige.

Como ya se enunció en la sección 3.1, no hay un plan de mantenimiento activo en planta y sólo hay una hoja de vida y expediente del equipo cuyos registros datan de un año de trabajos y los anteriores a esta fecha no están registrados, sólo se apuesta a consultar a las personas que han estado más tiempo en la planta para poder brindarnos información que nos ayuden a elaborar un proceso de evaluación y por consiguiente el plan de lubricación de los equipos principales.

El proceso de cómo se ha estado llevando la lubricación lo puede decir el que está encargado de dirigir que se lleven a cabo las labores de mantenimiento, en este caso es el supervisor de planta, el cual nos proporciona cada que tiempo se realiza la lubricación del equipo, que tipo de lubricante utiliza, que cantidad se lleva y quien lo hace.

Enterado esto se procede a consultar a las personas que hacen la lubricación de los equipos, que en este caso son los mismos operadores de las máquinas, ellos nos pueden proporcionar las cantidades exactas de grasa que utiliza para lubricar los graseros o las cantidades exactas de aceite que se utiliza en los agujeros de aceite, por medio de las cantidades de bombeadas que hace con la bomba de grasa o las cantidades de inyecciones o gotas que coloca con la aceitera.

Ambas personas tanto el que dirige las labores de lubricación como el que realiza los trabajos de lubricación nos pueden ofrecer información valiosa también acerca de la frecuencia de fallas que sufre el equipo, pero principalmente el operador de la máquina ya que es el que pasa más tiempo con la máquina y conoce sus principales bondades y fallas.

3.4 Estado de las maquinarias y equipos principales.

Este es una consideración muy importante porque de esto va a depender principalmente la frecuencia de las labores de lubricación, puesto que no es lo mismo un equipo de 2 años o 13 años de servicio que un equipo de 23 años de servicio como es el caso de las edades de equipos que se poseen en planta en la actualidad.

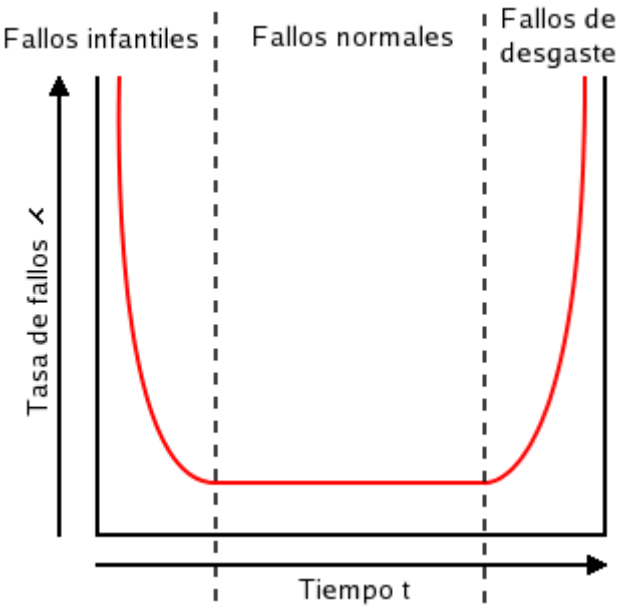


FIGURA 3.1 CURVA DE LA BAÑERA. (20)

La curva de la bañera es un gráfica que representa los fallos durante el período de vida útil de un sistema o máquina. Se llama así porque tiene la forma una bañera cortada a lo largo y nos muestra en que etapa se encuentra ubicado nuestro equipo.

Esto se lo hace por medio de la frecuencia de falla que posee el equipo o sistema, en el cual indica si se encuentra en una de las tres etapas de la curva como lo muestra la figura 3.1:

- **Fallos iniciales:** esta etapa se caracteriza por tener una elevada tasa de fallos que desciende rápidamente con el tiempo. Estos fallos pueden deberse a diferentes razones como equipos defectuosos, instalaciones incorrectas, errores de diseño del equipo, desconocimiento del equipo por parte de los operarios o desconocimiento del procedimiento adecuado.

- **Fallos normales:** etapa con una tasa de errores menor y constante. Los fallos no se producen debido a causas

inherentes al equipo, sino por causas aleatorias externas. Estas causas pueden ser accidentes fortuitos, mala operación, condiciones inadecuadas y otros sucesos fortuitos.

- **Fallos de desgaste:** etapa caracterizada por una tasa de errores rápidamente creciente. Los fallos se producen por desgaste natural del equipo debido al transcurso del tiempo.

Esta curva da a entender que cuando en un equipo se termina su vida útil es principalmente debido al desgaste, el cual tiene que ver directamente con la lubricación, ya que el principal objetivo de la lubricación es separar dos superficies en contacto y evitar el rozamiento impidiendo así el desgaste de las mismas.

Si se está usando un lubricante con una viscosidad incorrecta estamos disminuyendo la vida útil del equipo y por ende el aumento en los costos por mantenimiento ya que las fallas son más frecuentes y en el peor de los casos habría que dar de baja a los equipos con su vida útil en la etapa de la zona de fallos por desgaste.

En base a la evaluación hecha al supervisor de planta, operadores de los equipos y hojas de registro se ha podido encontrar la posición de cada equipo o línea en el cual se presenta en la siguiente tabla:

TABLA 15

ETAPA DE FALLOS DE EQUIPOS DOLTREX S.A.

EQUIPO	AÑO	ETAPA DE FALLA
Aplicadora	1985	Normal
Inyectora 1	1985	Normal
Inyectora 2	1995	Normal
Línea de mezclado 1	1985	Normal
Línea de mezclado 2	2005	Comienzo-Normal
Línea de extrusión 1	1985	Normal-Final
Línea de extrusión 2	2005	Comienzo-Normal
Armadores	1985	Normal-Final

Como indica la tabla 15 tenemos dos equipos que se están aproximando a la etapa de fallas por desgaste por la razón de que son equipos de 23 años de antigüedad y sus elementos han sufrido desgaste. La Armadores es el equipo que registra más frecuencia de fallas, pero todavía cae en el rango normal, es por esa razón que se la ha considerado en esos intervalos, al igual que la línea de extrusión 1 ya que este es el equipo que más horas de servicio lleva en la empresa. La línea de mezclado 1 no ha caído en esta zona ya que sus operaciones son en un intervalo intermitente y no posee muchas horas de servicio como la línea de extrusión 1.

Pero se puede apreciar que el resto los equipos están en una condición de falla normal o estable ya que sus horas de servicio son menores a las enunciadas en el párrafo anterior, pero los equipos de año 2005 están en su etapa de comienzo de falla normal, donde es una zona ideal para empezar con el buen cuidado del equipo.

Por lo general todos los equipos obedecen a esta tendencia estadística en lo que respecta a sus frecuencias de fallas.

3.5 Falencias del sistema actual de lubricación.

Actualmente los intervalos de lubricación, como los tipos de lubricantes que se han seleccionado, y comparando con las recomendaciones del manual de mantenimiento del equipo del fabricante se concluye que no se ha estado llevando en conformidad a lo establecido.

Ya se enunció en la sección 1.3.4 unas razones por las cuales no se ha llevado a cabalidad una correcta lubricación del equipo, entre las cuales se enuncia:

- Intervalos de lubricación muy largos o muy cortos.

- Grasas mal aplicadas por la razón de que hay puntos donde se necesita grasa para alta temperatura la cual tiene que ser muy viscosa y la multipropósito no cumple con este propósito.

- Uso de aceite para transferencia de calor en lugares donde se debe usar aceite hidráulico y es porque se necesita de aditivos antidesgaste especializados para mantener el buen estado de las bombas del sistema hidráulico, que demanda mayor potencia y más cuidado que una bomba para un sistema centralizado de lubricación en el cual se utiliza el aceite diatérmico.

- El costo del aceite diatérmico es mucho más caro que el aceite hidráulico, por lo que se ha estado gastando aceite valioso en un sistema que usa un aceite más barato.

- No se ha realizado un análisis de aceite, por lo menos cuando se realice el cambio para tener un mejor diagnóstico sobre el periodo de renovación si es que se puede alargar más o tener un diagnóstico del estado de la máquina.

- No se han hecho los cambios trimestrales de los filtros de aceite en las máquinas que manejan sistemas hidráulicos como es el caso de las Inyectora 1 e Inyectora 2; y que poseen sistemas de lubricación centralizada como es el caso de la caja de engranajes y motores eléctricos de la extrusora de la línea 2, por lo que esto produce la formación de lodos prematuros y contaminación del aceite.

3.6 Selección de los tipos de lubricantes a usarse en las maquinarias y equipos principales.

Este es uno de los procesos más importantes para la elaboración de un plan de lubricación ya que de la correcta selección de lubricantes depende que los trabajos de lubricación se realicen de manera óptima.

A continuación algunas recomendaciones para poder seleccionar correctamente aceites o grasas lubricantes.

3.6.1 La selección correcta de un aceite industrial.

La correcta lubricación de los mecanismos de un equipo permite que estos alcancen su vida de diseño y que garanticen permanentemente la disponibilidad del equipo, reduciendo al máximo los costos de lubricación, de mantenimiento y las pérdidas por activo cesante. Es muy importante, por lo tanto que el personal encargado de la lubricación de los equipos y quienes están a cargo de la administración y actualización de los programas de lubricación estén en capacidad de seleccionar correctamente el aceite o la grasa, partiendo de las recomendaciones del fabricante del equipo, o si estas no se conocen, calcular el lubricante correcto partiendo de los parámetros de diseño del mecanismo como cargas, velocidades, temperaturas, medio ambiente en el cual trabaja el equipo, etc.

En esta sección se expondrán los pasos que se deben seguir para seleccionar correctamente el aceite para un equipo industrial, partiendo de las recomendaciones del fabricante del equipo.

Parámetros que se deben tener en cuenta.

Siempre que se vaya a seleccionar el aceite para un equipo industrial se debe tener presente que se debe utilizar un aceite de especificación ISO, y que cualquier recomendación que se de, se debe llevar a este sistema. Los siguientes son los pasos que es necesario tener en cuenta para seleccionar el aceite para un equipo industrial:

a. Consultar en el catálogo del fabricante del equipo, las recomendaciones del aceite a utilizar.
b. Selección del grado ISO del aceite requerido a la temperatura de operación en el equipo.
c. Selección del aceite industrial, de la misma marca que los lubricantes que se están utilizando en la empresa y su aplicación en el equipo.

Catálogo del fabricante del equipo.

El fabricante del equipo en su catálogo de mantenimiento especifica las características del aceite que se debe utilizar,

para que los mecanismos del equipo trabajen sin problema alguno hasta alcanzar su vida de diseño. Es muy importante que el fabricante sea claro al especificar el aceite, de lo contrario, el usuario del equipo se debe poner en contacto con él para que le aclare las dudas que pueda tener.

Las recomendaciones del aceite a utilizar el fabricante del equipo las puede dar de las siguientes maneras:

- Especificar el nombre y la marca del aceite a utilizar y las equivalencias en otras marcas de lubricantes.

- Dar el grado ISO del aceite y las demás propiedades físico-químicas del aceite, como índice de viscosidad, punto de inflamación, punto de fluidez, etc.

- Dar la viscosidad del aceite en otro sistema de clasificación de la viscosidad como AGMA, ó SAE.

- Dar la viscosidad del aceite en cualquier sistema de unidades de medida como SSU, SSF, °E (Grado Engler), etc, y las demás propiedades físico-químicas del aceite.

En cualquiera de las formas anteriores, como el fabricante puede especificar el aceite a utilizar en un equipo, es muy importante que él especifique la temperatura de operación a la cual va a trabajar dicho aceite en el equipo y la temperatura ambiente para la cual se recomienda utilizarlo, de lo contrario, si el fabricante solo 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.
De no estar disponible esta información, el usuario se debe contactar con el fabricante del equipo y que se la envíe lo más pronto posible.

Selección del grado ISO del aceite.

Como se dijo anteriormente, toda recomendación de lubricación para un equipo industrial debe estar orientada

hacia la selección del grado ISO del aceite en función de la temperatura de operación del aceite en el equipo y de la temperatura ambiente.

En este caso es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- Si el fabricante especifica el nombre y la marca de un aceite, estos deben ser comerciales en el país donde vaya a operar el equipo, de no ser así, se debe hallar el aceite equivalente a éste, hasta donde sea posible, de la misma marca que la que se utiliza en la lubricación de los demás equipos de la empresa. Si no se utilizan lubricantes equivalentes a los recomendados, al cabo del tiempo, se tendrán un buen número de lubricantes que dificultan la correcta lubricación de los equipos y que si se hace un análisis minucioso de ellos se encontrará que muchos de ellos son equivalentes entre sí y que el número final de lubricantes que se pueden utilizar es mucho menor.

- Cuando el fabricante especifica el tipo de aceite a utilizar en un sistema de clasificación diferente al ISO,

como el ASTM (hoy en día en desuso), AGMA o SAE, se debe hallar el equivalente entre estos y el ISO. En este caso se puede utilizar la tabla 16. En este caso se puede tener por ejemplo, que el fabricante recomiende para un reductor de velocidad un aceite AGMA 5EP a una temperatura de operación de 60°C y para una temperatura ambiente de 30°C. El grado ISO correspondiente, de la tabla 16, es un grado ISO 220 EP a las mismas condiciones de temperatura, tanto de operación como ambiente.

TABLA 16

EQUIVALENCIAS ENTRE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE LA VISCOSIDAD. (14)

Grado ISO	Grado ASTM	Grado AGMA	Grado SAE			
			Motor		Engranajes	
			Unigrado	Multigrado	Unigrado	Multigrado
10						
15	75					
22	105		OW, 5W		75W	
32	150		10W			
46	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			250	

Notas:

(1) Cuando se halla el grado ISO equivalente de un aceite unigrado para motores de combustión interna su IV puede ser menor o igual a 95, si es de especificación W debe ser mayor de 95 y si es multigrado, debe estar por encima de 110. Cuando se trate de aceites para engranajes se procede de la misma manera.

(2) La C en los aceites especificados en el sistema ISO ó AGMA significa Compuesto o aceites con aditivos basándose en ácidos grasos para condiciones de lubricación EHL donde la temperatura de carcasa del mecanismo es menor o igual a 50°C.

- Cuando el fabricante recomienda el tipo de aceite a utilizar en cualquier sistema de unidades de viscosidad, referenciados a una temperatura especifica, es necesario hallar el grado ISO correspondiente (recuérdese que el grado ISO de un aceite está dado en cSt a 40°C) para lo cual es necesario, en primer lugar, convertir las unidades de viscosidad dadas a cSt (si éstas se dan en unidades diferentes a cSt).

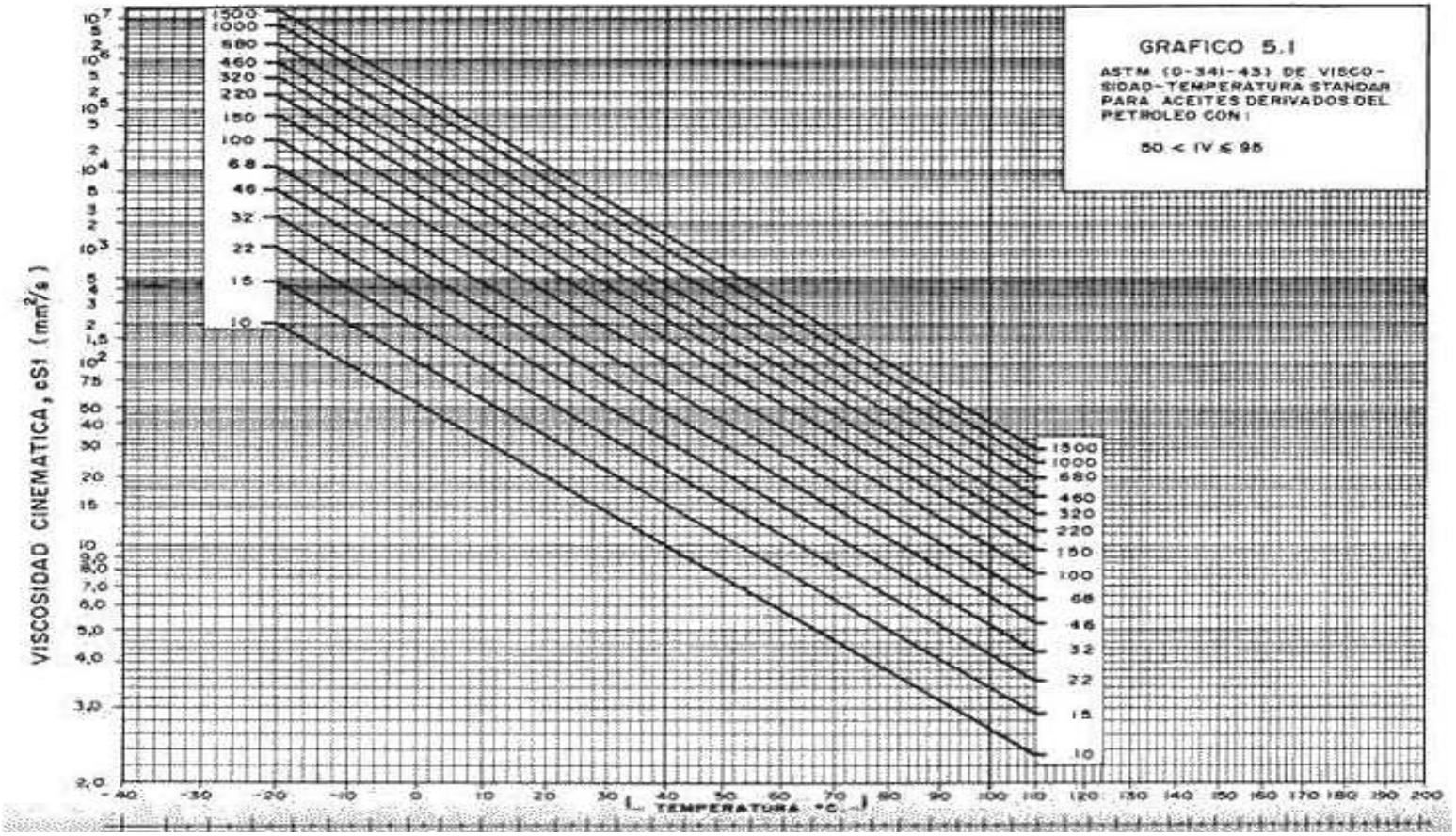


FIGURA 3.2 CARTA DE CONVERSIÓN DE LA VISCOSIDAD A CUALQUIER TEMPERATURA. (14)

Sistema ISO.

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) estableció desde 1975 el sistema ISO para especificar la viscosidad de los aceites industriales, pero solo hasta 1979 fue puesta en práctica por la mayoría de los fabricantes de lubricantes. El sistema ISO clasifica la viscosidad de los aceites industriales en cSt a 40°C, mediante un número estándar que se coloca al final del nombre del aceite industrial. Este sistema reduce las posibilidades de que el usuario se equivoque en la selección del aceite a utilizar ó que mezcle lubricantes de diferentes viscosidades; facilita además hallar de manera inmediata el equivalente en viscosidad de un aceite con otro puesto que el nombre del aceite debe traer al final el grado ISO correspondiente. Así por ejemplo, si se tiene el aceite Hidráulico 68 de marca Chevron y se sabe que este fabricante está utilizando la clasificación ISO en sus aceites industriales, entonces el número 68 del aceite Chevron indica que tiene una viscosidad de 68 cSt a 40°C. Para saber si el número que acompaña el nombre del aceite es un grado ISO es necesario conocer la clasificación ISO, ya que se puede presentar el caso de

aceites que al final del nombre traen un número y sin embargo este no corresponde a un grado ISO como podría ser el caso de aceites como el Tellus 41, Teresso 72, Macoma 45, DTE Light, etc; estos aceites se colocan a manera de ejemplo, ya que en hoy en día se especifican de acuerdo a la clasificación ISO.

En la tabla 17 se especifican los diferentes grados de viscosidad en 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 17

CLASIFICACIÓN ISO DE LOS ACEITES INDUSTRIALES. (14)

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

Características del sistema ISO.

Algunos aspectos importantes que es necesario tener en cuenta con la clasificación ISO son:

- Únicamente clasifica la viscosidad de los aceites industriales.
- Clasifica la viscosidad en cSt a 40°C.

- Sólo se relaciona con la viscosidad del aceite industrial y no tiene nada que ver con su calidad.
- El grado ISO aparece al final del nombre del aceite industrial, cualquiera que sea su marca.

3.6.2 La selección correcta de una grasa industrial.

Las preguntas que nos hacemos sobre la elección más adecuada de grasa para los equipos industriales es el primer paso para un mantenimiento proactivo exitoso.

Sobre la pregunta ¿qué método es el más adecuado para estimar estás variables? la respuesta es que el método más adecuado es el conocimiento perfecto del equipo a lubricar, siguiendo tres factores fundamentalmente:

- Ambiente de trabajo, (humedad, ambientes corrosivos, paradas intermitentes etc.).
- Temperatura de trabajo.
- Revoluciones por minuto de los elementos a lubricar.

Para decidir cual es la grasa apropiada para la máquina o rodamiento que tenemos, hay que conocer las características básicas de las grasas y su aplicación.

Las grasas están constituidas por tres componentes:

- El aceite base que puede ser viscoso o delgado.
- El agente espesante (el agente espesante es entre el 5% y el 15% de las grasas lubricantes y el resto es aceite y aditivos).
- Los aditivos normalmente varían entre 0% y 10%.

Cada espesante tiene sus características propias que limita su aplicación, tal como se observa en la tabla 18.

TABLA 18

APLICACIÓN DE LOS ESPESANTES DE GRASAS INDUSTRIALES. (18)

Espesante	Resistencia contra Agua	Resistencia contra Temperatura	Punto de Goteo ºC	Velocidad
Calcio	Excelente	Muy Pobre	80 a 100	Pobre
Sodio	Pobre	Bueno	170 a 200	Pobre
Litio	Bueno	Bueno	175 a 205	Bueno
Complejo Litio, Compl. Calcio o Compl. Aluminio	Excelente	Excelente	>260	Bueno
Polyurea	Excelente	Sobresaliente	>260	Excelente
Arcilla	Excelente	Sobresaliente	No Gotea	Bueno

El enlace entre el conocimiento del equipo y la grasa a elegir está aquí contenido. El aceite base es elegido de acuerdo a la utilización prevista, podrá ser muy viscoso si la grasa va a estar sometida a alta temperatura, o menos viscoso si es para zonas más frías de la máquina, también el aceite base será más o menos viscoso si la grasa va a ser bombeada o no, o si el equipo esta sometido a fuerte vibración o no.

Sin embargo las grasas son clasificadas por el tipo de

espesante que contienen: litio, calcio, sodio, y también algunas materias orgánicas. La tabla 18 nos muestra de una manera más clara de que manera utilizar una grasa en base a su espesante. Así la utilización según el espesante será:

- **Grasas inorgánicas:** para una resistencia al calor elevada, porque no se escurren e incluso tienen cierto aguante al agua.

- **Grasas con espesante cálcico:** para el agua y los ambientes ácidos pero tiene poca resistencia a la temperatura alta y van muy bien con las bajas.

- **Grasa a base de sodio:** para toda utilización en cajas de engranaje, siempre que esta no tenga contacto con el agua, tienen mucha rigidez y aguantan los impactos de encuentro bien.

- **Grasas con base de litio:** son multifuncionales (multipropósito), por eso la mayoría de las grasas traen este tipo de espesante.

Las diferentes composiciones de grasas no son compatibles entre si. Cada vez que engrasamos debemos de tener cuidado en no mezclar grasas de distintas composiciones.

Espesante	Sodio	Compl. Alum.	Bario	Calcio	Compl. Calcio	Arcilla	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
Arcilla	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 3.3 COMPATIBILIDAD DE GRASAS DE DISTINTAS COMPOSICIONES. (18)

Normalmente la única variante entre un número de consistencia y otro es la cantidad de espesante (esponja). Entre más espesante, menos aceite. Si el número NLGI 2 tiene 6% espesante, el numero NLGI 3 puede tener hasta un 12% o mas, dependiendo de la viscosidad del aceite base.

Aumentando el grado NLGI para una grasa con menos penetración no cambia su punto de goteo.

Las Grasas se conocen por número NLGI, donde una grasa NLGI 000 es semifluida, una grasa NLGI 2 es más dura, una NLGI 3 más dura todavía, etc.

Se mide la consistencia de una grasa observando cuanto penetra un cono de 150 gramos en una muestra de la grasa en 5 segundos a 25ºC. Entre más penetra, menor el número NLGI. La tabla 14 muestra los resultados de esta prueba.

En General, entre más velocidad tenemos en el rodamiento, menos consistencia debería tener la grasa y menos viscoso su aceite base.

Dicho esto hay que tener en cuenta estos tres puntos:

a. La viscosidad del aceite base a la temperatura de funcionamiento deberá estar casi al mismo nivel que la de un aceite.

b. La capacidad de penetración de la grasa (dureza) afecta a la estanqueidad del sistema y da adherencia al punto de lubricación, simultáneamente facilita o dificulta el bombeo.

c. El agente espesante confiere a la grasa diferentes propiedades en cuanto a lo que se ha expuesto anteriormente.

Los aditivos utilizados en las grasas mejoran los factores que se citaron en los puntos anteriores: Protegen de la oxidación, mejoran las propiedades de EP aumentan la durabilidad, aumentan la adherencia y mejoran la capacidad lubricante tal como se mostró en la sección 2.10.2.

La cantidad de grasa de reposición va marcada por los mismos factores de los que se ha mencionado, y si la industria es grande y cuenta o con engrasadores o con bombas de engrase, hay que tener en cuenta solo una cosa, que si la grasa va a una cajera, nunca debe superar 1/3 del volumen total de la cajera, luego el tamaño de la cajera y el

estado de sus sellos, estos son los elementos que se debe controlar. Colocar mucha grasa incrementa la fricción interna, causa calentamiento excesivo, provocando el goteo de la grasa y reduciendo la vida del rodamiento y el equipo. Este comportamiento de incremento de temperatura se lo observa en la figura 3.4.

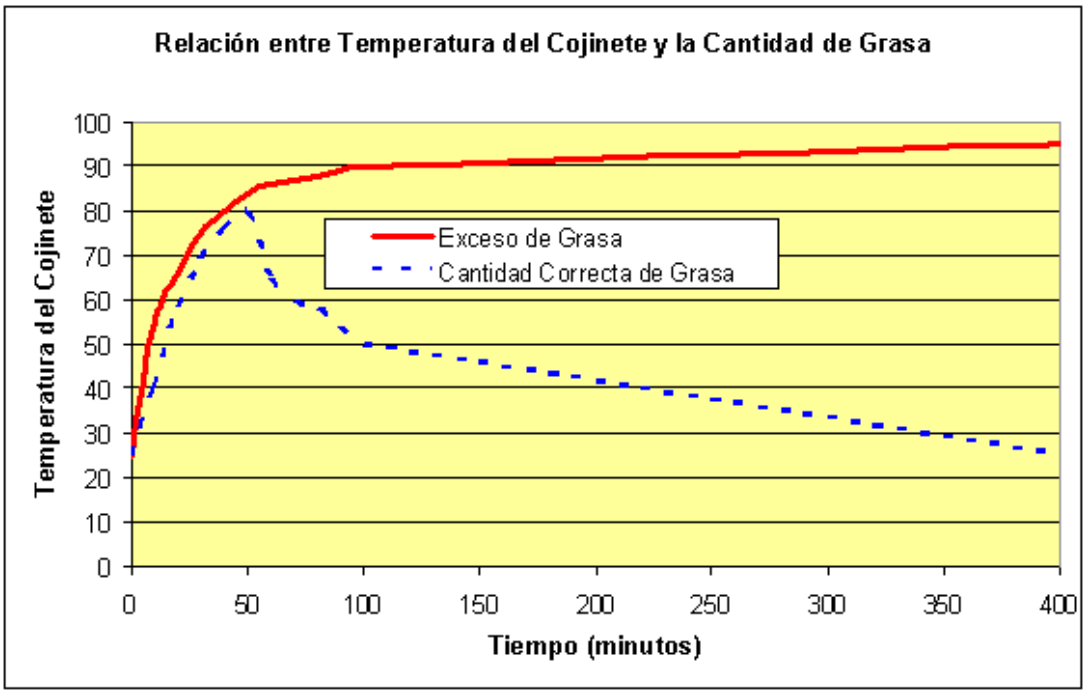


FIGURA 3.4 RELACIÓN ENTRE TEMPERATURA DEL COJINETE Y LA CANTIDAD DE GRASA. (18)

3.7 Consolidación de lubricantes.

Consolidar u optimizar el número de lubricantes utilizados es parte importante en el diseño y mantenimiento de un programa efectivo de lubricación. Las ventajas de optimizar los diferentes lubricantes son muchas, entre ellas reducir los niveles de inventario requerido, una menor posibilidad de tener problemas de disponibilidad, menos órdenes de compra y menor probabilidad de una aplicación errónea. Además, es posible que los costos del lubricante se reduzcan al comprar menos productos en volúmenes mayores y eliminar algunos productos especiales.

Cuando se está diseñando el plan de lubricación durante este proceso se puede encontrar oportunidades para reducir el tamaño de la lista de lubricantes. Siguiendo este proceso, es posible que se encuentre un número de productos superfluos que permitan agilizar sus procesos de compra, almacenamiento y manejo de lubricantes.

Consolidación básica de lubricantes.

Para poder optimizar la lista de lubricantes se debe estar consciente

de qué tipo de producto se usa en cada máquina. Cada planta debe contar con una base de datos de especificaciones de lubricante para cada máquina. Si la planta no cuenta con esto, o si tiene alguna razón para dudar sobre la calidad o precisión de las especificaciones, deberá llevar a cabo una evaluación completa.

Al realizar esta tarea, casi siempre se encuentran con especificaciones incorrectas para una variedad de componentes. Idealmente, esta lista de especificaciones debería ser precisa, con referencia a especificaciones técnicas como el grado de viscosidad de ISO, el índice de viscosidad, las características para prevenir desgaste, etc., en vez de mencionar una marca, es decir, recomendar el uso de un fabricante específico y su producto en particular. Si bien esto puede parecer mucho trabajo, es posible que en algún punto en el futuro sea necesario realizar algún cambio de proveedor de lubricante.

Con una serie de normas técnicas, en lugar de una lista específica de proveedores, es relativamente fácil identificar la selección correcta de productos para cada aplicación, sin necesidad de repetir el estudio completo de lubricantes para toda la planta. Por ahora, supongamos que esta lista ya existe y que las especificaciones son

correctas.

El primer paso (y el más fácil) es eliminar productos redundantes al clasificar cada tipo de lubricantes por una especificación técnica genérica, según se indica arriba. Por ejemplo, si la lista establece aceite hidráulico de la marca X para un componente en particular, esta especificación se deberá convertir a un formato estándar, como DTXA sintético o ISO 46 AW. Tome la lista de los lubricantes de su inventario y conviértalos utilizando el mismo formato, ya que es común encontrar más de un artículo con la misma clasificación genérica.

Después de identificar los productos redundantes, se debe elegir un artículo por categoría, el cual se aplicará a todas las máquinas con la especificación correspondiente. La única ocasión en la que podemos desviarnos del proceso es cuando un producto seleccionado no cuenta con la aprobación del fabricante de equipo original (OEM, por sus siglas en inglés Original Equipment Manufacturer), y pueda derivar en problemas con la garantía. No obstante, la mayoría de los problemas se pueden resolver al contactar al OEM y al fabricante del lubricante. Un lubricante específico que no se encuentra en la lista

de productos calificados no significa que no cumple con los requisitos.

Técnicas adicionales de consolidación.

Por supuesto que cuanto más se sepa sobre el proceso de selección de lubricantes más éxito tendrá al eliminar los productos existentes de su inventario. Si se entiende los métodos para determinar los requisitos de viscosidad y aditivos se podrá lograr mucho más que con sólo eliminar las redundancias. En muchos casos se pueden eliminar algunos grados de viscosidad o ciertos tipos de productos al entender cuáles son los requisitos reales de la máquina, en lugar de únicamente leer el manual de mantenimiento. Para identificar otros productos que se pueden desechar, hay que buscar aquellos que se aplican sólo en un número reducido de puntos de lubricación o los que se consideran especialidades.

Es común que máquinas similares de diferentes fabricantes tengan diferentes especificaciones de lubricantes. Si bien puede haber una buena razón para ello, también puede ser una diferencia en opiniones. Un fabricante puede favorecer un grado de viscosidad

mayor para proporcionar una menor sensibilidad a la contaminación, mientras que otro puede estar más preocupado por la eficiencia energética, por lo que especifica un grado de viscosidad menor.

Es importante resaltar que las iniciativas de consolidación de productos nunca deben estar por encima de la calidad de lubricación. Para optimizar verdaderamente el número de lubricantes utilizados sin poner en riesgo la calidad, es importante contar con un claro entendimiento del proceso para definir o revisar las especificaciones de lubricantes de sus máquinas y de lubricación en general.

3.8 Ventajas y desventajas de la implementación de un plan de lubricación.

Estos son unos de los puntos más importantes de analizar al momento de la implementación de un plan de lubricación porque de aquí se aprecia y se evalúa de mejor manera los pros y los contras de cualquier proyecto.

3.8.1 Ventajas de un plan de lubricación.

Entre las principales ventajas que ofrece la implementación de un plan de lubricación en maquinarias y equipos principales de una planta tenemos las siguientes:

- Puede planificarse los recursos necesarios, tales como: Personal, materiales (partes y repuestos), herramientas e información. El tiempo necesario para la ejecución de trabajos se determina de acuerdo a las operacionales y requerimientos de ventas (capacidad de almacenamiento).
- La coordinación de los trabajos se efectúa con el involucramiento de los departamentos de operaciones, ingeniería, suministros, materiales y personal.
- Simultáneamente puede ejecutarse modificaciones, proyectos menores y mantenimiento correctivo, de forma tal que todo el mantenimiento necesario pueda ser ejecutado bajo condiciones más eficientes.
- Minimizar el número de averías.
- Reducir el número de paros y la duración de los paros, corrigiendo las causas.

- Disminuye costos haciendo también un uso adecuado de materiales y mano de obra.
- Si se hace correctamente, exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar la maquinaria e instalaciones.
- El cuidado periódico conlleva un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y a la mejora de los contínuos.
- Reducción del correctivo representará una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de los recambios o medios necesarios.
- Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción.

3.8.2 Desventajas de un plan de lubricación.

Las desventajas que se encuentran en la implementación de un plan de lubricación de una planta citamos las siguientes:

- Poca flexibilidad de modificar los ciclos de dichos trabajos en función de nuevas condiciones operacionales de los equipos.
- Paradas innecesarias (no siempre).
- Requiere personal técnico muy calificado y con experiencia.
- Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados y en el área de lubricación por asesores de sistemas de lubricación y lubricantes.
- Si no se hace un correcto análisis del nivel de tareas de lubricación, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.
- Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo produce falta de motivación en el personal, por

lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios de preventivo es indispensable para el éxito del plan.

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DEL PLAN DE LUBRICACIÓN.

En este capítulo se tratará acerca del diseño del plan de lubricación, tomando en cuenta las consideraciones y procedimientos enunciados en el capítulo 3. Se presentaran los diseños de las cartas de lubricación, puntos de lubricación, programa anual de lubricación, tablas de lubricantes, tiempos de operación de los equipos y ficha de control de trabajos de lubricación.

4.1 Introducción al plan de lubricación.

El plan de lubricación forma parte de lo que se conoce como mantenimiento preventivo. Esto establece que las tareas que se van a realizar en las respectivas máquinas tienen por finalidad prever algún daño futuro. Otro punto importante es que un plan de lubricación es también un plan de mantenimiento proactivo, que significa que la máquina tiene una mejora en su funcionamiento ya que este tipo de mantenimiento produce que los intervalos entre daños sea más largo prolongado así la vida útil de la máquina. Los lubricantes logran esto ya que estos son los que le dan vida a equipos rotativos y de deslizamiento.

El plan de lubricación va a ser trabajado en Microsoft Excel 2003, el cual contará con un menú inicial en el cual existen hipervínculos que llevan a las respectivas páginas de interés. También se proporcionará al departamento de producción un manual de lubricación.

El menú de inicio posee las opciones para acceder al programa anual de lubricación, las cartas de lubricación, las tablas de lubricantes, la lista de proveedores de lubricantes, tiempos de

operación de las máquinas y las hojas de control de tareas de lubricación. Igualmente el manual de lubricación posee los mismas partes.

4.2 Cartas de lubricación.

Esta es la parte importante del plan de lubricación ya que de aquí se derivan las demás partes para la elaboración de programas, tablas de lubricantes y lista de proveedores.

Las cartas de lubricación contienen todos los datos relevantes que conciernen a la descripción de las tareas de lubricación. Están constituidas de las siguientes partes:

- Nombre de la empresa y departamento.
- Nombre de la máquina y ubicación en planta.
- Código de tarea.
- Posición del punto de lubricación.
- Intervención.
- Herramientas.
- Tiempo de cada trabajo.
- Cantidad de lubricante.

- Tipo de lubricante.
- Frecuencia entre trabajo.
- Responsable del trabajo.

La figura 4.1 presenta de mejor manera lo enunciado.

DOLTREX S.A. Departamento de mantenimiento						Máquina: Inyectora 1		
PLAN DE LUBRICACIÓN						Ubicación: Zona de extensiones		
Tarea	**Pos.**	**Intervención**	**Herramientas**	**Tiempo**	**Cantidad**	**Lubricante**	**Frecuencia**	**Responsable**
A22	1	Chequear nivel de aceite del tanque del sistema hidráulico, si es necesario rellenar.	Visual	1 minuto	Lo que sea necesario	A DTX ISO 46 HD	8 horas o diario	Operador
A23	2	Lubricación central de grasa para las articulaciones de las rodilleras.	Bomba de grasa	3 minutos	6 bombazos	G DTX NLGI 2 MP	8 horas o diario	Operador
A24	3	Controlar el nivel de aceite de la instalación neumática, rellenar si es necesario.	Visual	2 minutos	Lo que sea necesario	A DTX ISO 22 HD	8 horas o diario	Operador
A25	4	Lubricar con grasa el plato móvil en las 2 boquillas roscadas (1 en cada columna).	Bomba de grasa	2 minutos	6 bombazos / boquilla	G DTX NLGI 2 MP	50 horas o semanal	Operador
A26	5	Lubricar con grasa la placa de seguro del molde, 2 boquillas roscadas (1 en cada columna).	Bomba de grasa	2 minutos	6 bombazos / boquilla	G DTX NLGI 2 MP	50 horas o semanal	Operador
A27	6	Bombear grasa al sistema de suspensión del cilindro en las 4 boquillas roscadas.	Bomba de grasa	3 minutos	6 bombazos / boquilla	G DTX NLGI 2 MP	200 horas o mensual	Operador
A28	7	Lubricar las ruedas-tornillo en la placa de ajuste.	Gotero de aceite	1 minuto	5-6 gotas	A DTX ISO 220 TR	1000 horas o semestral	Operador
A29	8	Cambiar el filtro de aceite.	Caja de herramientas	1 hora		-	1000 horas o semestral	Operador/ Supervisor
A30	9	Quitar cubiertas, comprobar si los rodamientos tienen todavía suficiente grasa; si es necesario introducir grasa para rodamientos.	Caja de herramientas	30 minutos	Lo que sea necesario	G DTX NLGI 2 MP	2000 horas	Operador / Supervisor
A31	10	Cambiar aceite hidráulico. Limpiar tanque de aceite. Dejar comprobar el aceite por una empresa aceitera lo más tarde después del primer año. Rellenar enseguida de aceite cuando la máquina avisa falta de aceite.	Embudo, Recipiente para almacenar aceite cambiado	4 horas	120 litros	A DTX ISO 46 HD	5000 horas	Operador / Supervisor

FIGURA 4.1 CARTA DE LUBRICACIÓN MÁQUINA INYECTORA 1.

Nombre de la empresa y departamento. Se escribe el nombre de la empresa que para fin de este trabajo es *DOLTREX S.A.* y el departamento sería el *departamento de mantenimiento*.

Nombre de la máquina y ubicación en planta. Se escribe el nombre de la máquina tal como se conoce en la empresa como por ejemplo: Inyectora 1, Armadores o Turbomezclador 2.

Código de tarea. Cada actividad descrita en la carta tiene su código el cual tiene el siguiente esquema:

AXX

donde,

A: Actividad,
XX: El número de tarea;

Por ejemplo A01, A25, A61, que significa actividad número 1, actividad número 25 y actividad número 61 respectivamente. Codificar las tareas sirve para poder tener un mejor control al momento de la elaboración del programa de lubricación porque cada tarea se resume en su código.

Posición del punto de lubricación. Esta parte va de la mano con los planos de lubricación porque en esta parte de la carta de lubricación va ya sea el número o la letra del punto a lubricar como se puede apreciar en la figura 4.2.

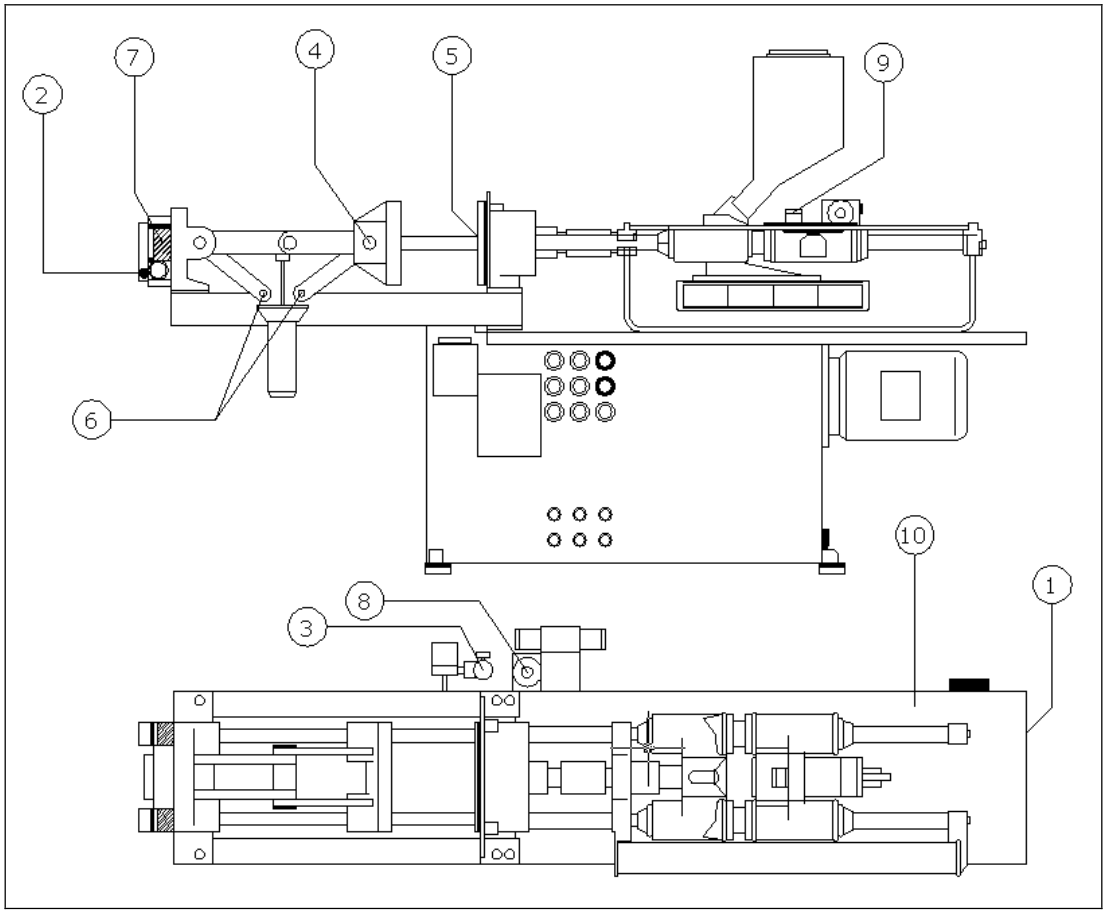


FIGURA 4.2 PLANO DE LUBRICACIÓN MÁQUINA INYECTORA 1. (10)

Significa que por ejemplo en la actividad A29 de la máquina Inyectora 1, existe que hay que realizar un cambio de filtro y la posición que me indica la carta de lubricación es número 8 entonces en el plano de lubricación se detecta el número donde se debe realizar el cambio de filtro de aceite del sistema hidráulico.

Si se quiere realizar la actividad A26, donde indica que tengo que bombear grasa en los graseros; según la posición del punto a lubricar es 5 entonces identifico la posición en el plano de lubricación.

También se da el caso que no se trabaja con planos de lubricación sino con fotos que indica el punto a lubricar como por ejemplo en el caso del Turbomezclador 2 donde se muestran fotos donde tengo que bombear la grasa como por ejemplo en la figura 4.3 se muestra los puntos de lubricación de la actividad A54, A56 y A63, donde se utilizan tres tipos de grasa, la primera una grasa normal multipropósito a base de litio, la otra una grasa especial para altas temperaturas y la última una grasa especial a base de poliurea para rodamientos de motores eléctricos. Como se puede apreciar esta figura fue extraída del manual de mantenimiento de la máquina, sección de lubricación. El punto 2 corresponde la actividad A54, el

punto 4 a la actividad A56 y el punto 9 corresponde a la actividad A63.

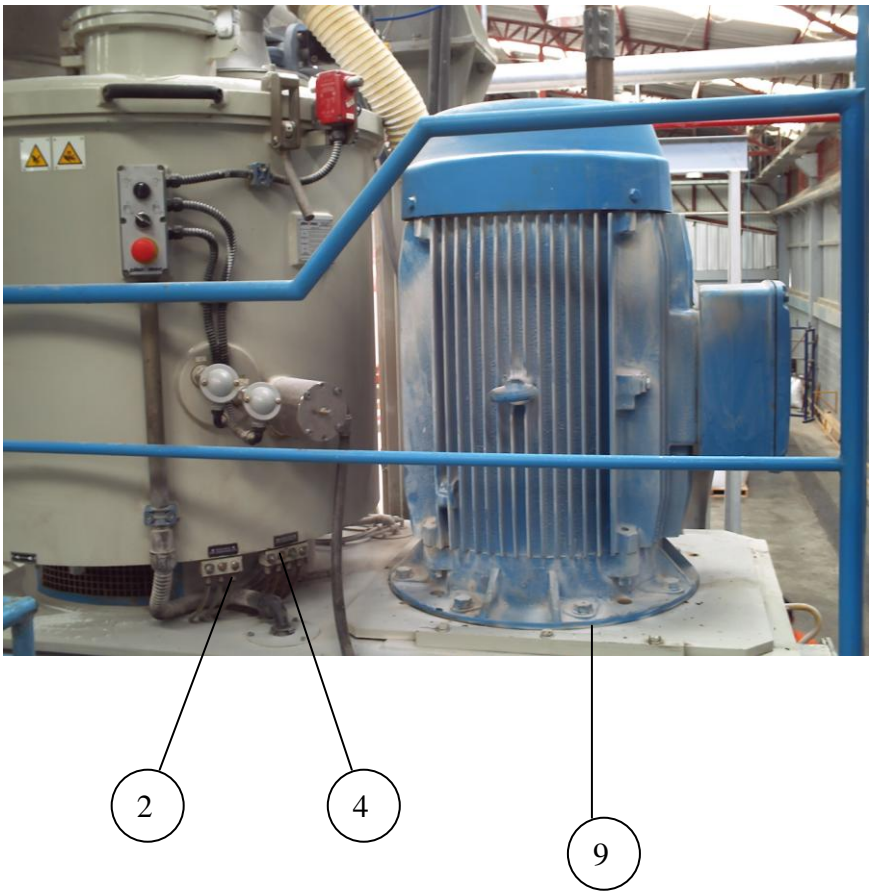


FIGURA 4.3 PUNTOS DE LUBRICACIÓN GRASEROS DE TURBOMEZCLADOR 2.

Intervención. Esta parte de la carta de lubricación trata acerca de la descripción de la tarea que se está realizando, como se aprecia en la figura 4.1 por ejemplo la actividad A31: *"Cambiar aceite hidráulico.*

Limpiar tanque de aceite. Dejar comprobar el aceite por una empresa aceitera lo más tarde después del primer año. Rellenar enseguida de aceite cuando la máquina avisa falta de aceite", entonces se describe las tareas que hay que realizar.

FIGURA 4.4 EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD A25.

Entre las principales tareas que se realizan son: chequeos de niveles de aceite, cambios de filtro de aceite, cambios de aceite ya sean estos hidráulicos, de transmisión o de transferencia de calor, inspecciones de sellos y retenedores de aceite así como grasa de

rodamientos, bombeos de grasa a los respectivos graseros, aceitar puntos de aceite, limpiezas de tanques de reservorios de aceite, enviar a analizar aceites, entre otros. En otras palabras esta parte de la carta de lubricación detalla el trabajo de lubricación a realizar. Las intervenciones son sacadas su mayoría del manual de mantenimiento de la máquina.

Herramientas. En esta parte se provee las herramientas que se necesitan para llevar a cabo la intervención, como por ejemplo en la tarea A25 de la figura 4.1, la cual va a ser nuestra referencia, trata de *"Lubricar con grasa el plato móvil en las 2 boquillas roscadas (1 en cada columna)"*, entonces se necesita herramientas para ejecutar esta tarea, que en este caso es una bomba de grasa, tenemos también la tarea A28 la cual es *"Lubricar las ruedas-tornillo en la placa de ajuste"*, aquí se necesita una aceitera o gotero de aceite. En fin las herramientas son muy variadas, tenemos también la caja de herramientas o conocida toolbox en algunos manuales de mantenimiento la cual comprende todo lo que son juegos de llaves, santiagos y desarmadores en general; limpiadores como desencalcantes para los intercambiadores de calor, entre otras.

También se ha considerado la vista como una herramienta para las actividades de chequeos de nivel de aceite o inspecciones.

FIGURA 4.5 HERRAMIENTA DE LUBRICACIÓN BOMBA DE GRASA MANUAL.

FIGURA 4.6 HERRAMIENTA DE LUBRICACIÓN ACEITERA MANUAL.

Tiempo. El tiempo indica un estimativo de cuanto demora cada tarea de lubricación, esto se lo toma en base a mediciones de tiempo en planta cunado están elaborando la tarea o en base a encuestas que se le hace a la persona encargada de hacer el trabajo de lubricación o el supervisor. Esto ayuda a evaluar si es posible abarcar todas las tareas que se han estimado en una semana sin afectar considerablemente a los tiempos de producción.

Cantidad. Esta parte es muy importante porque de aquí se deriva la cantidad de lubricante de la que se debe disponer para llevar a cabo un plan de lubricación y por consiguiente realizar la respectiva compra del mismo. Esta cantidad la provee el manual de mantenimiento del equipo, el lubricador o el supervisor de planta. Este dato como se aprecia en la figura 4.1 viene dado de la siguiente manera:

- En bombazos, lo que significa es, cuantas veces tiene que bombear con la pistola de grasa en el grasero y viene dado también en bombazos por grasero, es decir que esa cantidad de grasa se la multiplica por la cantidad de graseros que halla. Cada bombazo equivale a 1 gramo de grasa.

- En gramos, como es el caso de la cantidad de grasa que necesita los motores eléctricos grandes y se necesita hacer un cálculo especial para determinar la cantidad de grasa que necesita, cabe decir que esta es una grasa especial.

- En gotas, describe cuantas gotas necesita ser depositado en el agujero de lubricación, este dato lo da el manual del fabricante, el lubricador de la máquina o el supervisor de planta.

- En pasadas, este es el caso cuando se debe lubricar cadenas, superficie de deslizamiento de un cilindro de fin de carrera o roscas. Se describe cuantas pasadas hay que hacer en ese punto de lubricación.

- En litros, este es el caso de la cantidad de aceite que hay que cambiar en una caja reductora, un reservorio de aceite hidráulico, reservorio neumático. Estos son los datos más importantes porque estos son los lubricantes más costosos y pedir la cantidad necesaria va ayudar en disminución de costos e inventarios por lo que no se va a tener sobrante de lubricante por mucho tiempo en la bodega de lubricantes.

Este dato de cantidad de lubricante se lo toma en el manual de lubricante o tomando en cuenta la dimensión de la caja de lubricante y nivel necesario de lubricante.

Lubricante. Esta es la esencia del plan de lubricación ya que depende de la correcta selección de estos para llevar a cabo un buen trabajo de lubricación. Como se puede apreciar en la figura 4.1 los lubricantes están codificados. Estos códigos se leen en las respectivas tablas de lubricación ya sea de aceites como de grasas. Esto se lo explicará con más detalle en la sección 4.3. La selección de los lubricantes para cada tarea se lo realiza en base a las recomendaciones del fabricante el cual puede dar una marca específica o dar sus propiedades; en todo caso cualquiera que sea la forma de presentarlos nos sirve de mucho para poder llenar este ítem de la carta de lubricación.

Frecuencia. Este dato indica cada cuanto tiempo hay que realizar la tarea de lubricación, esto es muy importante porque en base a este dato se desarrolla el programa de lubricación anual. Cabe decir que las frecuencias están dadas en horas de operación de la máquina o en cierto tiempo dado de la siguiente manera: en días, semanas,

meses o años. Estos datos los brinda el manual del fabricante o los operadores de la máquina, ya que en la práctica el intervalo de lubricación dado por el fabricante puede ser mayor o menor al indicado por las condiciones locales de operación del lubricante y la máquina.

Responsable. Este dato de la carta de lubricación indica quien debe ser la persona que debe elaborar la tarea de lubricación que para este plan esta dado de la siguiente manera: operador, operador / supervisor, personal calificado (contratista).

- Operador, estos trabajos son aquellos que no demandan de tantas herramientas para su elaboración como por ejemplo engrasar puntos de lubricación, aceitar, pasar lubricante con pincel, lecturas de nivel de aceite. Es el operador de cada máquina responsable de que estos trabajos se lleven a cabo.

- Operador / supervisor, estos trabajos que realizan en conjunto el operador y el supervisor son más complejos como por ejemplo, desmontar una pieza de la máquina para revisión ya sean estos sellos, retenedores, rodamientos, limpiezas de

reservorios de lubricante, cambios de aceite que por consiguiente son trabajos que demandan más tiempo.

- Personal calificado (contratista), estos trabajos son los más complejos y demandan de un conocimiento especial para ser elaborados, como es el caso de la realización de análisis de aceite lo cual lo hace el proveedor del lubricante o el engrasado de motores eléctricos de gran capacidad como en los turbomezcladores que están por lo 144 HP de potencia y provistos de grandes rodamientos que necesitan grasa especial a base poliurea.

4.3 Tablas de lubricantes.

En la tabla de lubricantes están presentados todos los lubricantes seleccionados en las cartas de lubricación de los equipos. Estas tablas son presentadas en dos clases, la primera una tabla de lubricantes de aceites y la segunda una tabla de lubricantes de grasas como se puede apreciar en las tablas 19 y 20.

TABLA 19

TABLA DE EQUIVALENCIAS DE ACEITES LUBRICANTES.

DOLTREX S.A. Departamento de mantenimiento

TABLA DE EQUIVALENCIAS DE ACEITES LUBRICANTES

DESIGNACIÓN	MARCAS						TIPOS, USOS Y APLICACIONES
	MOBIL	TEXACO	SHELL	YPF	PDV	CASTROL	
A DTX ISO 22 HD	Mobil D.T.E. 22	N/A	Tellus Oil 22	Hidráulico BP 22	N/A	N/A	Aceite para lubricar circuitos neumáticos
A DTX ISO 46 HD	Mobil D.T.E. 25	Rando Oil HD B-46	Tellus Oil 46	Hidráulico BP 46	Hidralub AW ISO 46	Hyspin AWS 46	Aceite hidráulico, puntos de engrase manual
A DTX ISO 68 TR	Mobilgear 626	Meropa 68	Omala Oil 68	Transmisión EP 68	Engralub EP 68	Alpha SP 68	Aceite de transmisión
A DTX SAE 40 CRT	Mobil HD SAE 40	Havoline Motor Oil Premiun SL 40	Helix 40	Super Movil HD Suplemento 1 SAE 40	Maxidiesel 40	Castrol CDR Turbo 40	Aceite para carter monogrado, Bombas de vacío
A DTX ISO 220 TR	Mobilgear 630	Meropa 220	Omala Oil 220	Transmisión EP 220	Engralub EP 220	Alpha SP 220	Aceite de transmisión, puntos de engrase manual
A DTX SAE 80W90 TR	Mobilube HD 80W/90	Geartex EP A 80W-90	Spirax MB 80W/90	Hipoidal 80W/90	Translub EP 80w90	Hypoy-C 80W/90	Aceite de transmisión multígrado Extrema Presión
A DTX ISO 460 TR	Mobilgear 634	Meropa 460	Omala Oil 460	Transmisión EP 460	Engralub EP 460	Alpha SP 460	Aceite de transmisión
A DTX ISO 32 TC	Mobiltherm 605	N/A	Térmico B	Cauqueni 32	N/A	Perfecto HT-5	Aceite Diatérmico para enfriamiento de tornillo de extrusora
A DTX ISO 46 TC	N/A	Texatherm 46	Therma Oil 46	N/A	N/A	N/A	Aceite Diatérmico para enfriamiento de tornillo de extrusora

TABLA 20

TABLA DE EQUIVALENCIAS DE GRASAS LUBRICANTES.

DOLTREX S.A. **Departamento de mantenimiento**

TABLA DE GRASAS LUBRICANTES

DESIGNACIÓN	MARCAS							TIPOS, USOS Y APLICACIÓNES
	MOBIL	TEXACO	SHELL	YPF	PDV	CASTROL	SKF	
G DTX NLGI 2 MP	Mobilgrease MP 2,	Multifak EP 2	Alvania E.P. Grasa 2	Grasa 62 EP Plus	Grasa Industrial EP 2	Castrol Spheeroll EPL 2, Castrol LM	LGMT 2	Grasa multipropósito, puntos de engrase manual
G DTX NLGI 2 AT	Mobiltemp SHC 2, Mobiltemp 2	Thermatex, Star Plex EP 2	Shell Darina R2	Grasa 107 EP	Grasa Térmica 2	Castrol Spheeroll BM 2	LGHP 2	Grasa para altas temperaturas
G DTX NLGI 2 ME	Mobil Polyrex EM	Texaco Polystar	Shell Stamina Grease EP 2, Shell Stamina Grease HDS 2	N/A	N/A	N/A	LGHP 2	Grasa para motores eléctricos con espesante poliurea o litio

Como se puede apreciar en las tablas 19 y 20 se encuentran los siguientes datos:

- Nombre y departamento de la empresa
- El tipo de lubricante ya sea este aceite o grasa
- La designación o código del lubricante
- Marcas disponibles en el medio
- Tipos, usos y aplicaciones

Nombre y departamento. Tal como se mostró en las cartas de lubricación este dato es muy importante porque describe a que empresa y que departamento de la misma va dirigida esta tabla de lubricante.

El tipo de lubricante. En este parte se escribe el título de la tabla de lubricante acentuando que se refiere ya sea a grasas lubricantes o aceites lubricantes.

La designación o código del lubricante. Esta parte de la tabla es una de las más importantes ya que cada uno de los códigos representa un orden, es decir, en base al código se puede acceder a

las diversas marcas disponibles que hay en lubricantes y no solo basarse en una marca en especial. Resume en sí las propiedades del lubricante a utilizarse. A continuación se explica los códigos de lubricante.

- Para aceites industriales grado ISO:

A DTX ISO XXX TA

donde,

A: Aceite.

DTX: Empresa DOLTREX S.A.

ISO: Viscosidad en base a la norma ISO.

XXX: Viscosidad cinemática en Cst a 40ºC.

TA: Tipo de aplicación del lubricante.

- Para aceites monógrados y multígrados grado SAE:

A DTX SAE XXXWXXX TA

donde,

A: Aceite.

DTX: Empresa DOLTREX S.A.

SAE: Viscosidad en base a la norma SAE.

XXXWXXX: Grado SAE de lubricante monógrado o multígrado.

TA: Tipo de aplicación del lubricante.

- Para grasas industriales:

G DTX NLGI XXX TA

donde,

G: Grasa.

DTX: Empresa DOLTREX S.A.

NLGI: Consistencia de grasa sistema NLGI.

XXX: Grado de consistencia NLGI.

TA: Tipo de aplicación del lubricante.

A continuación se explicará el significado de cada tipo de aplicación de lubricante para comprender de mejor manera su uso:

- HD: Hidráulico.
- TR: Transmisión.
- CRT: Cárter.
- TC: Transferencia de Calor o diatérmico.
- MP: Multipropósito.
- AT: Alta temperatura.
- ME: Motores Eléctrico.

Para comprender de mejor manera la lectura de los códigos de lubricante se tomarán dos designaciones de la tabla 19 y dos designaciones de la tabla 20. Por ejemplo:

(1) A DTX ISO 46 HD: Aceite DOLTREX ISO 46 hidráulico.

(2) A DTX SAE 80W90 TR: Aceite DOLTREX SAE 80W90 de transmisión.

(3) G DTX NLGI 2 MP: Grasa DOLTREX grado NLGI 2 multipropósito.

(4) G DTX NLGI 2 AT: Grasa DOLTREX grado NLGI 2 alta temperatura.

Marcas. Estás han sido seleccionadas en base a la disponibilidad de lubricantes que hay en el mercado de Ecuador en especial Guayaquil. Las marcas vienen a designar los diferentes tipos de fabricantes de lubricantes. Entre las principales marcas que se han seleccionado tenemos: Mobil, Texaco, Shell, Repsol YPF, PDV, Castrol y adicional SKF en grasas. Como se puede apreciar en las tablas 19 y 20 no todas las clases de lubricantes están disponibles en todas las marcas, aquellos que no están disponibles en el mercado local en la respectiva marca se los ha designado con N/A.

Las designaciones o códigos nos ayudan a escoger el lubricante que deseamos porque el código describe propiedades y en base a estas se elige la marca. Lo primero que se procedió es buscar los lubricantes que hay en las distintas marcas en base a sus propiedades y luego se confirmó si estaban disponibles en el mercado, de esa manera se procedió a llenar la tabla. En algunos casos el proveedor brindó otras soluciones dependiendo del requerimiento que se tenía.

Por ejemplo si uno quiere un aceite hidráulico de grado ISO 46 entonces vemos en la tabla 19 las diferentes opciones que tenemos, en este caso: Mobil DTE 25, Rando Oil HD B-46, Tellus Oil 46, Hidráulico BP 46, Hidralub AW ISO 46, Hyspin AWS 46. Esta tabla trabaja en conjunto con la tabla de proveedores que veremos en la siguiente sección 4.4.

Tipos, usos y aplicaciones. Esta parte de la tabla de lubricantes describe el tipo, uso y aplicación del lubricante a tener en cuenta, esto ayuda a comprender de mejor manera el uso de cada tipo de lubricante. Ayuda a comprender también las últimas siglas del código de lubricante.

4.4 Tabla de proveedores.

Como se explicó en la sección anterior la tabla de lubricantes trabaja en conjunto con esta tabla porque se muestra una lista de proveedores que existen en nuestro mercado. Esto se describe en la tabla 21.

TABLA 21

LISTA DE PROVEEDORES DE LUBRICANTES.

DOLTREX S.A.	Departamento de compras		
LISTA DE PROVEEDORES DE LUBRICANTES			
PROVEEDOR	**MARCA**	**TELÉFONO**	**DIRECCIÓN**
FRENO SEGURO CÍA. LTDA.	MOBIL SKF	225 4500 225 4777	Av. J. Tanca Marengo Km. 5.5
VEPAMIL	MOBIL ESSO	220 1226	Carlos Julio Arosemena Km. 1.5
CONAUTO	TEXACO CHEVRON	268 1900	Av. J. Tanca Marengo Km. 1.8
SHELL ECUADOR S.A	SHELL	269 1313	Av. J. Tanca Marengo Km. 0.5
LA LLAVE S.A.	SHELL	268 2900	Av. J. Tanca Marengo Km. 2.5
LUBRYPEC	REPSOL Y.P.F.	232 1909	Colón # 589 y Boyacá Edif. Uniparqueo Piso 7 Ofic. 3
AM.VER. CIA. LTDA.	PDV CITGO	236 4753 236 7548 236 5679 237 4109	Tungurahua 3000 y Portete
CEPSA	CASTROL	242 0685 242 0686	Av. Domingo Comín y Callejón Noveno

Se puede apreciar que ahora siguiendo con el ejemplo de la sección anterior de la selección del aceite hidráulico ISO 46, se puede acceder a cotizar y preguntar si está disponible en la actualidad ese lubricante en las distintas casas de proveedores de lubricante como se ve en la tabla 21.

Esta tabla contiene los siguientes datos:

- Nombre y departamento de la empresa.
- Proveedor.
- Marca.
- Teléfono.
- Dirección.

Nombre y departamento de la empresa. Este dato indica a que empresa y departamento de la misma va dirigida la tabla que en este caso es DOLTREX S.A. y el departamento es compras porque ellos son los encargados de cotizar y comprar el insumo.

Proveedor. Esta parte de la tabla indica el nombre de la empresa que dispone de los lubricantes. Estos fueron escogidos en base a

búsqueda en guías telefónicas, en base a encuestas en el departamento de compras e investigando en Internet.

Marcas. En esta parte se explica las marcas que la empresa proveedora de lubricante vende. Como se pude apreciar en la tabla 21 algunas empresas coinciden en la misma marca y a veces una empresa vende varias marcas de lubricantes.

Teléfono. Este es el número telefónico de la empresa para que el departamento de compras pueda hacer las cotizaciones, consultas, pedir asesoramiento y compra del respectivo lubricante a usarse.

Dirección. Esta es la dirección de la empresa que vende lubricante. Al momento de la selección de los proveedores principales de lubricante se eligió básicamente empresas que están situadas en la ciudad de Guayaquil para facilidad de la compra del producto.

4.5 Tiempo de operación de las máquinas principales.

Esta parte del plan de lubricación que ayuda a elaborar el cronograma o programa de lubricación anual porque muestra el tiempo que las máquinas principales trabajan por semana. Esto es muy importante porque de esta manera podemos llevar a tiempo real las horas de operación que el fabricante de la máquina recomienda. La tabla 22 nos muestra los tiempos de operación de la máquina.

TABLA 22

TIEMPO DE OPERACIÓN SEMANALES DE MÁQUINAS PRINCIPALES.

DOLTREX S.A. **Departamento de mantenimiento**

TIEMPO DE OPERACIÓN POR MÁQUINAS

MÁQUINA	HORAS/ DÍA	DÍAS/ SEMANA	TIEMPO TOTAL (HORAS/SEMANA)
ARMADORES	8	5	40
APLICADORA	8	5	40
INYECTORA 1	8	5	40
INYECTORA 2	8	5	40
TURBOMEZCLADOR 1	6	4	24
EXTRUSORA 1	24	4	96
TURBOMEZCLADOR 2	6	4	24
EXTRUSORA 2	24	4	96

La tabla 22 muestra los siguientes datos:

- Nombre y departamento de la empresa.
- Máquina.
- Horas por día.
- Días de operación por semana.
- Horas de operación por semana.

Nombre y departamento de la empresa. Como se ha nombrado este dato identifica el nombre de la empresa y el departamento al cual va dirigido la tabla.

Máquina. Esta parte de la tabla muestra el nombre de la máquina a la cual se le registra sus horas de trabajo.

Horas por día. Aquí se muestra las horas por día que la máquina trabaja. Como se puede apreciar no todas las máquinas trabajan el mismo tiempo por día como es el caso de las extrusoras que trabajan 24 horas al día y las inyectoras que trabajan 8 horas al día. Los turbomezcladores a pesar de que trabajan en conjunto con las extrusoras no trabajan las 24 horas al día sino 6 horas porque su servicio es intermitente sólo cuando se necesita hacer mezclas que

están destinadas a ir a las tolvas del mezclador y por consiguiente a las tolvas de las extrusoras por medio de transporte neumático.

Días de operación por semana. Este dato indica los días que labora las máquinas por semana. Es importante este dato ya que las máquinas no trabajan todos los días como por ejemplo las extrusoras que trabajan las 24 horas al día pero sólo 4 días seguidos de lunes a jueves en la mayoría de ocasiones, sólo en casos no muy frecuentes trabaja los días viernes.

Horas por semana. En base a las horas por día y los días por semana se saca este valor que es el fundamento para elaborar el cronograma o programa de lubricación ya que como se verá más adelante en la sección 4.6, este viene dado en trabajos por semana.

4.6 Programa de lubricación.

Prácticamente todo el trabajo realizado se resume en el programa o cronograma de lubricación porque aquí se encuentran todas las tareas de lubricación de todas las máquinas principales.

Se muestra todas las actividades que hay que hacer en las respectivas máquinas en un año. Este programa consta de las siguientes partes. El esquema del programa de mantenimiento se lo puede observar en el apéndice B.

- Nombre de la empresa y departamento.
- Nombre de la máquina.
- Lista de actividades por máquina.
- Semanas laborables en un año.
- Observación de frecuencia.

Nombre de la empresa y departamento. Como se ha presentado en las secciones anteriores estos datos son imprescindibles ya que indica en cual empresa se está ejecutando el plan de lubricación y que departamento lo hace que este caso es el departamento de mantenimiento de la empresa DOLTREX S.A.

Nombre de la máquina. En esta parte del programa de lubricación se indica el nombre de la máquina a la cual pertenecen las tareas de lubricación mostradas debajo de su nombre como se muestra en los

anexos. Esto da facilidad para que en base a al nombre de la máquina se proceda a buscar la carta de lubricación de la misma y ver las diferentes tareas que hay que elaborar.

Lista de actividades por máquina. En esta parte se muestra las distintas actividades que hay que realizar en la máquina. Su código es el que permite saber a que tarea exactamente se refiere y esta en base al nombre de la máquina se busca en la carta de lubricación y se procede a revisar que herramientas se necesita, cuanto tiempo se demora el trabajo aproximadamente, el tipo de lubricante a utilizar, la cantidad de lubricante y el responsable de ejecutar dicha tarea. De esta manera se procede a ejecutar dicha actividad.

Semanas laborables en un año. Como se aprecia en el programa de lubricación, las semanas vienen dadas en un número de 52, que representa la cantidad de semanas que hay en un año. Esto permite más exactitud al momento de ejecutar las tareas porque es mejor controlar por número de semanas que por meses ya que los meses no poseen el mismo número de semanas y en la mayoría de los casos estos terminan a mediados de la semana por lo que se combinan los tiempos. En este parte del programa de lubricación, la base para desarrollar este cronograma de actividades es la

frecuencia que como se enunció en la sección 4.2 esta sirve para poder colocar de manera confiable los intervalos de trabajo en un año.

Observación de frecuencia. Esta es una parte del programa de lubricación que no hay que obviar ya que existen tareas que no se realizan en períodos semanales sino a diario como por ejemplo la actividad A22 de la inyectora 1: *"Chequear nivel de aceite del tanque del sistema hidráulico, si es necesario rellenar."* , donde es una actividad que hay que realizar a diario; o como es el caso de la actividad A79 de la extrusora 2 "*Reengrasar los rodamientos del rotor de los 4 motores eléctricos principales del extrusor con grasa especial para rodamientos, si es posible mandar a hacerlo con personal calificado en mantenimiento de motores eléctricos."* ; esto indica que estos trabajos no se elaborarán precisamente en el presente año sino cuando se haya cumplido un cierto período de años como pueden ser 2 años, 3 años como el ejemplo de la actividad A79 o hasta 5 años.

4.7 Hoja de registro de trabajos de lubricación.

Esta hoja es muy importante porque en esta se evidencia el trabajo de lubricación realizado. Esta es una hoja de vida de los trabajos de lubricación de la máquina porque su diseño está elaborado para registrar el trabajo por máquina para que se vea más ordenado. Esto se lo hizo en base a las hojas de vida que se están usando actualmente para llevar el registro de los trabajos de mantenimiento en la planta actualmente.

La figura 4.6 muestra de mejor manera lo expuesto y se comprende las siguientes partes de la hoja:

- Nombre y departamento de la empresa.
- Nombre de la máquina.
- Sección a la que pertenece.
- Fecha.
- Actividad.
- Herramientas.
- Lubricante.
- Cantidad de lubricante.
- Responsable.

TABLA 23

HOJAS DE REGISTRO DE TRABAJOS DE LUBRICACIÓN POR MÁQUINAS.

DOLTREX S.A.					Departamento de mantenimiento	
HOJA DE REGISTRO DE TRABAJOS DE LUBRICACIÓN POR MÁQUINA						
MÁQUINA:						
ÁREA:						
FECHA	**ACTIVIDAD**	**HERRAMIENTAS**	**LUBRICANTE**	**CANTIDAD**	**RESPONSABLE**	**OBSERVACIONES**

- Observaciones.

Nombre y departamento de la empresa. Este dato es infaltable porque identifica en que empresa se están elaborando las tareas de lubricación y que área es las que la ejecuta.

Nombre de la máquina. Cada hoja de registro es también como una hoja de vida de los trabajos de lubricación para las máquinas ya que cada hoja corresponde a una máquina y se coloca el nombre con el cual se la identifica en la empresa, como por ejemplo: Aplicadora, Inyectora 2, Armadores, etc.

Sección. En esta parte de la hoja de registro se escribe la sección a la que la máquina pertenece, como se explicó en el capítulo 1, la empresa posee tres secciones las cuales son: Sección armadores, sección extensiones y sección de PVC.

Fecha. Aquí se escribe la fecha exacta en la que se hace el trabajo de lubricación.

Actividad. Se escribe la actividad en base al código que se la ha asignado como por ejemplo: A23, A49, etc.

Herramientas. Se registra todas las herramientas que se utilizaron para elaborar el trabajo de lubricación.

Lubricante. En este punto se escribe el lubricante que se utilizó para realizar dicha actividad, se la puede escribir por medio del código o por medio de la marca que se utilizó.

Cantidad. Se escribe la cantidad en litros, gramos, bombazos, pasadas o gotas, este dato ayuda a refinar las cantidades de las cartas de lubricación.

Responsable. Se registra el nombre de la persona que hizo la tarea de lubricación.

Observaciones. En esta parte se hace las respectivas observaciones que surgieron al momento de elaborar el trabajo de lubricación tales como: algún repuesto extra utilizado, contratiempos que se tuvo, etc.

4.8 Utilización de los manuales de fabricantes para el cálculo de cantidades de lubricantes y frecuencias de lubricación.

Los manuales de los fabricantes son muy útiles y prácticos para escoger las cantidades de lubricantes para las respectivas máquinas, en estos ejemplos analizaremos el caso de cómo calcular la cantidad de lubricante y la frecuencia de la grasa de los rodamientos de motores eléctricos y la selección y luego se hará lo mismo pero con el aceite de una caja de transmisión

4.8.1 Determinación de la cantidad de lubricante y frecuencia de lubricación de los rodamientos de motores eléctricos.

En el cálculo siguiente tomaremos como objeto de nuestro cálculo los motores del turbomezclador 2, ya que es el de mayor capacidad en planta.

Primero se procede a tomar los datos de placa de los motores tanto del turbomezclador y del enfriador equipos que conforman esta máquina, tal como se especifica en la tabla 24.

TABLA 24

DATOS DE PLACA DE MOTORES PRINCIPALES TURBOMEZCLADOR 2.

Motor Turbomezclador TRM 1500
WEG
315 S/M - 4/8 polos
KW 107,5/65 -380V- 60hz- B5-V1
Motor Enfriador HEC 1500
WEG
160 L - 6 polos
KW 11 - 380V - 60hz - BE-V1

Con estos datos se procede a buscar qué tipo de rodamientos son los que se encuentran en dichos motores eléctricos, para lo cual el fabricante nos provee una tabla en la cual en base al tipo de carcasa del motor eléctrico se encuentra los rodamientos que posee, los cuales son el rodamiento delantero y el rodamiento trasero. En la figura 4.6 se muestra la selección de los rodamientos en base al motor

Por lo tanto los datos a tomar en cuenta de la tabla 24 son la denominación de carcasa según la norma IEC: 160 L y 315 S/M, por lo tanto los rodamientos que poseen dichos motores son:

ESPECIFICACIÓN DE RODAMIENTOS POR TIPO DE MOTOR

TABLA 7

CARCASAS IEC	FORMA CONSTRUCTIVA	RODAMIENTOS	
		DELANTERO	TRASERO
Motores totalmente cerrados con ventilacion externa			
63	TODAS	6201-ZZ	6201-ZZ
71		6203-ZZ	6202-ZZ
80		6204-ZZ	6203-ZZ
90 S		6205-ZZ	6204-ZZ
90L		6205-ZZ	6204-ZZ
100 L		6206-ZZ	6205-ZZ
112 M		6307-ZZ	6206-ZZ
132 S		6308-ZZ	6207-ZZ
132M		6308-ZZ	6207-ZZ
160 M		6309-Z-C3	6209-Z-C3
160L		6309-Z-C3	6209-Z-C3
180 M		6311-Z-C3	6211 -Z-C3
180 L		6311-Z-C3	6211 -Z-C3
200 L		6312-Z-C3	6212 -Z-C3
200M		6312-Z-C3	6212-Z-C3
225 S/M		6314-C3	6314-C3
250 S/M		6314-C3	6314-C3
280 S/M		6314-C3**	6314-C3
		6316-C3	6316-C3
315 S/M		6314-C3**	6314-C3
		6319-C3	6316-C3
355 M/L		6314-C3	6314-C3
		NU-322-C3	6319-C3

** *Solamente para motores II polos*

FIGURA 4.7 ESPECIFICACIÓN DE RODAMIENTOS POR TIPO DE MOTOR. (7)

En base a la especificación de los rodamientos se procede a ir a la tabla de intervalos de relubricación y cantidad de grasa de la figura 4.7 y se selecciona dichos datos que nos van a servir para llenar los datos de la respectiva carta de

lubricación. Un punto muy importante a considerar es la posición de los motores eléctricos porque dependiendo de esto el valor en horas del intervalo de relubricación se reduce a la mitad. Entonces los valores obtenidos son como sigue según la tabla 26:

TABLA 25

RODAMIENTOS DE MOTORES PRINCIPALES TURBOMEZCLADOR 2.

Carcasa IEC	Rodamientos	
	Delantero	Trasero
160 L	6309-Z-C3	6209-Z-C3
315 S/M	6319-C3	6316-C3

TABLA 26

RESULTADOS DE INTERVALOS DE RELUBRICACIÓN Y CANTIDAD DE GRASA.

Rodamiento	Intervalo de relubricación (horas)	Cantidad de grasa (gramos)
6309-Z-C3	10000	**13**
6209-Z-C3	10000	**9**
6319-C3	7000	**45**
6316-C3	7950	**34**

INTERVALOS DE RELUBRICACION Y CANTIDAD DE GRASA PARA RODAMIENTOS

TABLA 9

RODAMIENTOS DE ESFERAS - SERIES 62/63													
Intervalo de relubricación (horas de operación – posición horizontal)													
	II polos		IV polos		VI polos		VIII polos		X polos		XII polos		Grasa
Serie 62													
Rodamiento	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	(g)
6209	18400	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	9
6211	14200	16500	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	11
6212	12100	14400	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	13
Serie 63													
Rodamiento	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	(g)
6309	15700	18100	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	13
6311	11500	13700	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	18
6312	9800	11900	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	21
6314	3600	4500	9700	11600	14200	16400	17300	19700	19700	20000	20000	20000	27
6316	-	-	8500	10400	12800	14900	15900	18700	18700	20000	20000	20000	34
6319	-	-	7000	9000	11000	13000	14000	17400	17400	18600	18600	20000	45
6322	-	-	5100	7200	9200	10800	11800	15100	15100	15500	15500	19300	60

FIGURA 4.7 INTERVALOS DE RELUBRICACIÓN Y CANTIDAD DE GRASA PARA RODAMIENTOS. (7)

Pero estos resultados de horas se deben transformar a tiempo real de operación de la máquina, es decir, cada cuantas semanas, meses o años. La tabla 22 nos servirá para hacer la respectiva conversión.

Entonces según la tabla la máquina turbomezclador 2 en conjunto TRM 500 y HEC 1500 trabaja 30 horas por semana, con este dato hallamos cuántas horas por año trabaja la máquina.

$$30\frac{\text{horas}}{\text{semana}} \times 52\frac{\text{semanas}}{\text{año}} = 1560\frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

Ahora en base los intervalos de relubricación se halla el tiempo real de intervalo de relubricación.

Para los rodamientos del motor principal del TRM:

$$\frac{7950\text{horas}}{1560\text{horas/año}} = 5.10\text{años}$$

$$\frac{7000\text{horas}}{1560\text{horas/año}} = 4.49\text{años}$$

Para los rodamientos del HEC 1500, como tiene el mismo intervalo sólo se procede a realizar un cálculo:

$$\frac{10000 \text{horas}}{1560 \text{horas/año}} = 6.41 \text{años}$$

Este trabajo de reengrasar estos rodamientos son muy complejos, ya que de por sí lo motores eléctricos son grandes y desmontar los rodamientos lleva mucho trabajo por lo que se recomienda que personal especializado se encargue de dicha labor. El intervalo debe ser un solo valor y se escoge en base al mínimo valor de frecuencia que en este caso es 4.49 años entonces el intervalo de relubricación que se escogió en la tabla son **4 años.** En este plazo se hace la relubricación de todos los rodamientos de los motores de dicha máquina. El tipo de lubricante que recomienda el fabricante de motores eléctricos es una grasa especial a base poliurea, en la cual se podrá ver en la tabla 20 que es la grasa G DTX NLGI 2 ME, lo cual significa grasa DOLTREX de grado de consistencia 2 para motores eléctricos.

4.8.2 Determinación de la cantidad de lubricante y frecuencia de lubricación en cajas de transmisión.

Ahora se va a calcular la cantidad de lubricante la frecuencia de cambio de lubricante de la caja de transmisión del enfriador HEC 1500 del turbomezclador 2 haciendo uso de las herramientas que proveen los manuales de los fabricantes como sigue a continuación:

Primero se toma los datos de placa del reductor como se muestra en la tabla 27.

En base a los datos de placa se procede a escoger los datos que tienen que ver con el tipo de caja que tiene el reductor y en este caso según la tabla 27 son: 140B y B3.

TABLA 27

DATOS DE PLACA REDUCTOR DE ENFRIADOR HEC 1500 DEL TURBOMEZCLADOR 2.

Reductor de enfriador HEC 1500	
Marca	TRACMEC
Tipo	TC**140B**V-**B3**
Modelo	01V006
Transmisión	12,5
Serie	2014839003

Con estos datos se selecciona la cantidad de lubricante que se necesita en la caja de transmisión en base a la tabla 28 que usando 140B y B3 se encuentran que la caja debe contener **3.6**

litros de aceite, que mas o menos equivale a un galón de combustible.

El siguiente paso es verificar cada cuanto tiempo hay que cambiar el lubricante de la caja de transmisión, esto se lo hace en base a qué tipo de lubricante se vaya a utilizar. El fabricante recomienda utilizar un aceite de transmisión ISO 220, es decir un aceite con 220 cSt de viscosidad cinemática a 40ºC , pero este puede ser de base sintética o mineral, para ello la tabla 29 nos ayudará a determinar la frecuencia de cambio. Además necesitamos saber a qué temperatura está el aceite dentro de la caja.

TABLA 28

CANTIDAD DE LUBRICANTE EN CAJA DE ENGRANAJES SEGÚN ESPECIFICACIÓN DE CARCASA. (7)

T	CANTIDAD DE LUBRICANTE (LITROS)					
	B3	B8	B6	B7	VA	VB
56B	0.30					
56C	0.35					
63B	0.35					
63C	0.40					
71B	0.6		0.7	0.5	0.8	
80C	1.1		1.5	1.3	1.5	
90B	1.0		1.4	1.2	1.3	
110C	2.0		2.6	2.3	2.8	

112B	1.8	2.6	2.3	2.4
125C	3.8	4.8	4.5	5.0
140B	**3.6**	4.6	4.3	4.3
160C	7.0	9.2	8.7	10.0
180B	7.5	9.7	9.2	8.0
180C	9.5	14.0	13.0	15.5
200B	12.5	15.0	14.0	17.5
200C	13.5	19.0	18.0	19.5
225B	14.5	19.0	18.0	18.7

TABLA 29

INTERVALO DE CAMBIO DE ACEITE PARA CAJAS DE TRANSMISIÓN EN BASE AL TIPO DE ACEITE Y TEMPERATURA DE OPERACIÓN. (7)

Aceite base	**Temperatura de aceite**		
	< 65 ºC	**65 - 80 ºC**	**> 80 ºC**
Mineral	8000 h	4000 h	2000 h
Sintético	25000 h	15000 h	12500 h

El aceite que se va a considerar es un aceite de base mineral el cual trabaja a una temperatura menor a 65 ºC por lo que el intervalo de cambio de aceite sería 8000 horas, pero esto hay que transformarlo a tiempo real, para ello usamos el mismo procedimiento el intervalo de reengrasado de los rodamientos tomando en cuenta el tiempo de operación de la máquina, el cual es de 1560 horas / año.

$$\frac{8000 \text{horas}}{1560 \text{horas/año}} = 5.13 \text{años}$$

Por lo tanto el aceite debe ser cambiado en esta caja de transmisión cada **5 años**.

Está es una de las diversas maneras que existen para obtener estos resultados, todo depende en base al tipo de fabricante que se esté consultando, al final los resultados siempre serán los mismos.

CAPÍTULO 5

2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1. Se cumplió con el objeto de diseñar e implantar el plan de lubricación, con lo cual se ha normalizado las tareas de mantenimiento en la planta de producción.

2. El plan de lubricación forma parte del mantenimiento preventivo de la empresa, actualmente está siendo usado para obtener el certificado de calidad ISO 9001:2000 por lo que este punto es necesario tener para poder calificar al mismo.

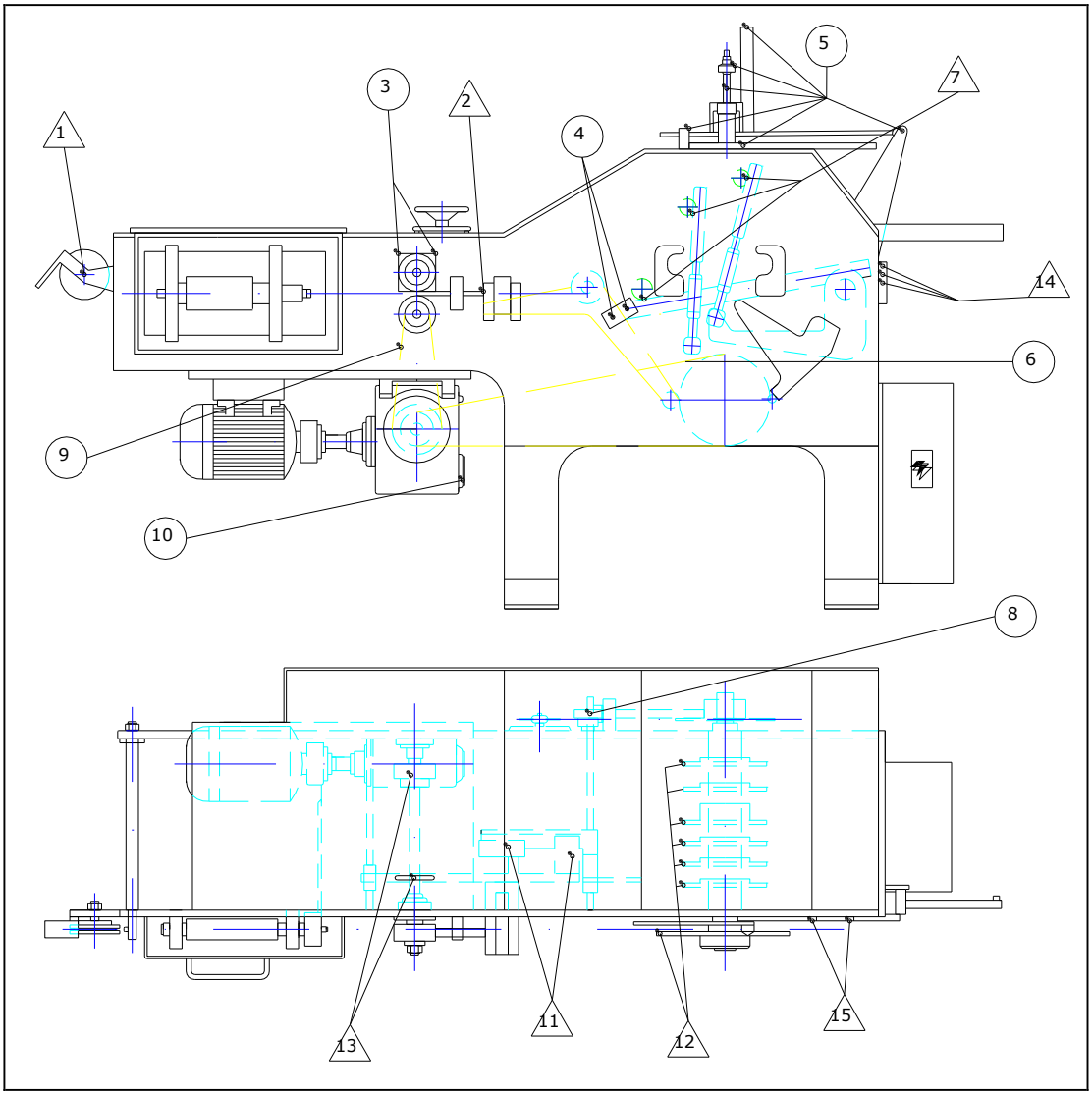
3. No es recomendable comprar los lubricantes sólo basándose en los precios porque puede ser que por la mala calidad del lubricante más

barato no opere bien en el equipo puesto que no posee los aditivos necesarios para dicha operación, es mejor comprar calidad.

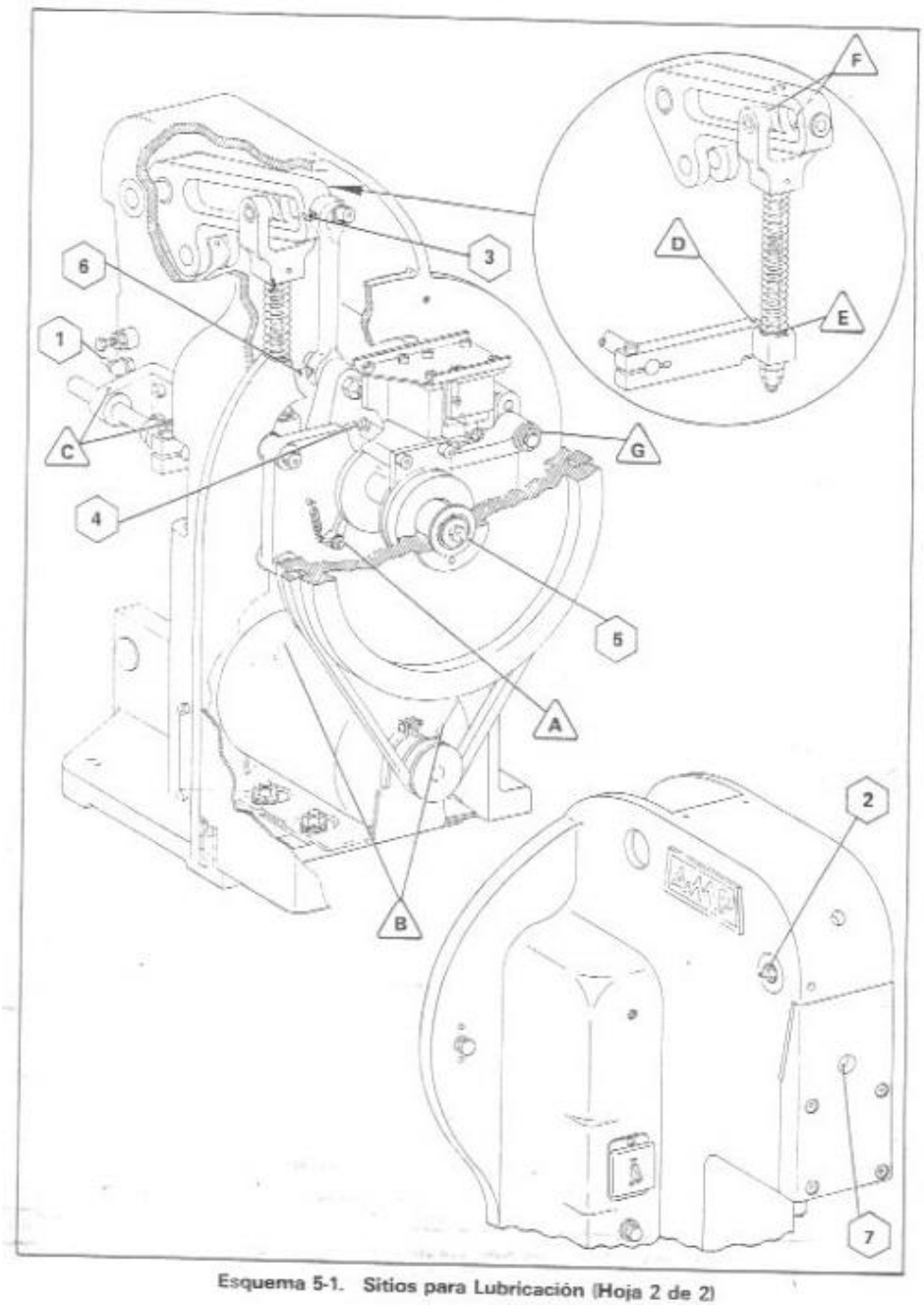
4. Es aconsejable realizar análisis anuales de aceites principales como es el caso del aceite hidráulico de las máquinas inyectoras, los aceites de transmisión y aceite de transferencia de calor de las extrusoras porque esto ayuda a decidir si se aumentan los intervalos de cambio de aceite lo cual representa un ahorro en la empresa por los costos que representan estos lubricantes. Pero las muestras se deben tomar directamente del depósito del lubricante en la máquina porque si se lo almacena en otro recipiente y se toma la muestra de ahí varía las propiedades químicas del mismo por lo que los análisis no mostrarían resultados fidedignos.

5. Es recomendable que si una empresa no posee un plan de mantenimiento preventivo empiece por elaborar un plan de lubricación porque este representa la solución del 60% de los problemas que puede haber en una planta industrial.

ANEXOS

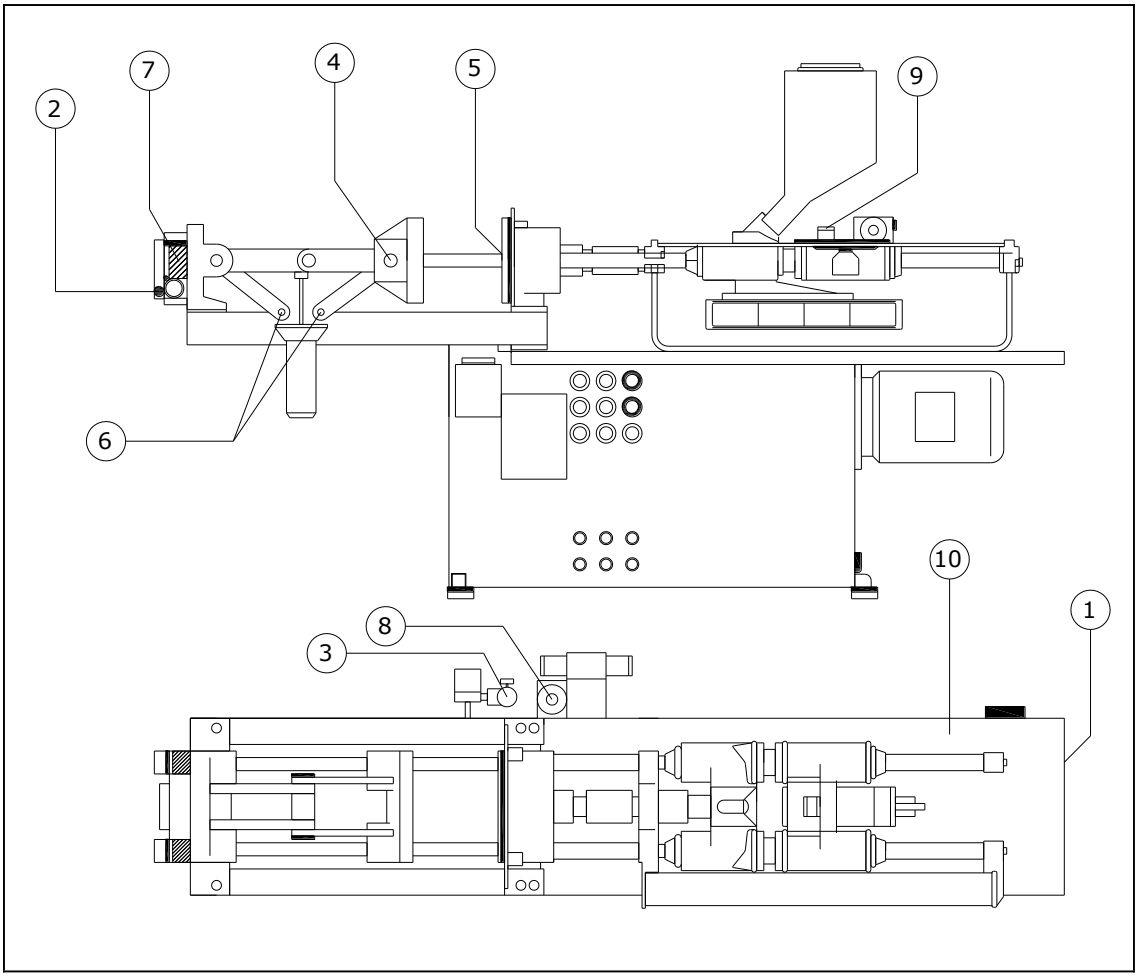


PUNTOS DE LUBRICACIÓN MÁQUINA ARMADORES.

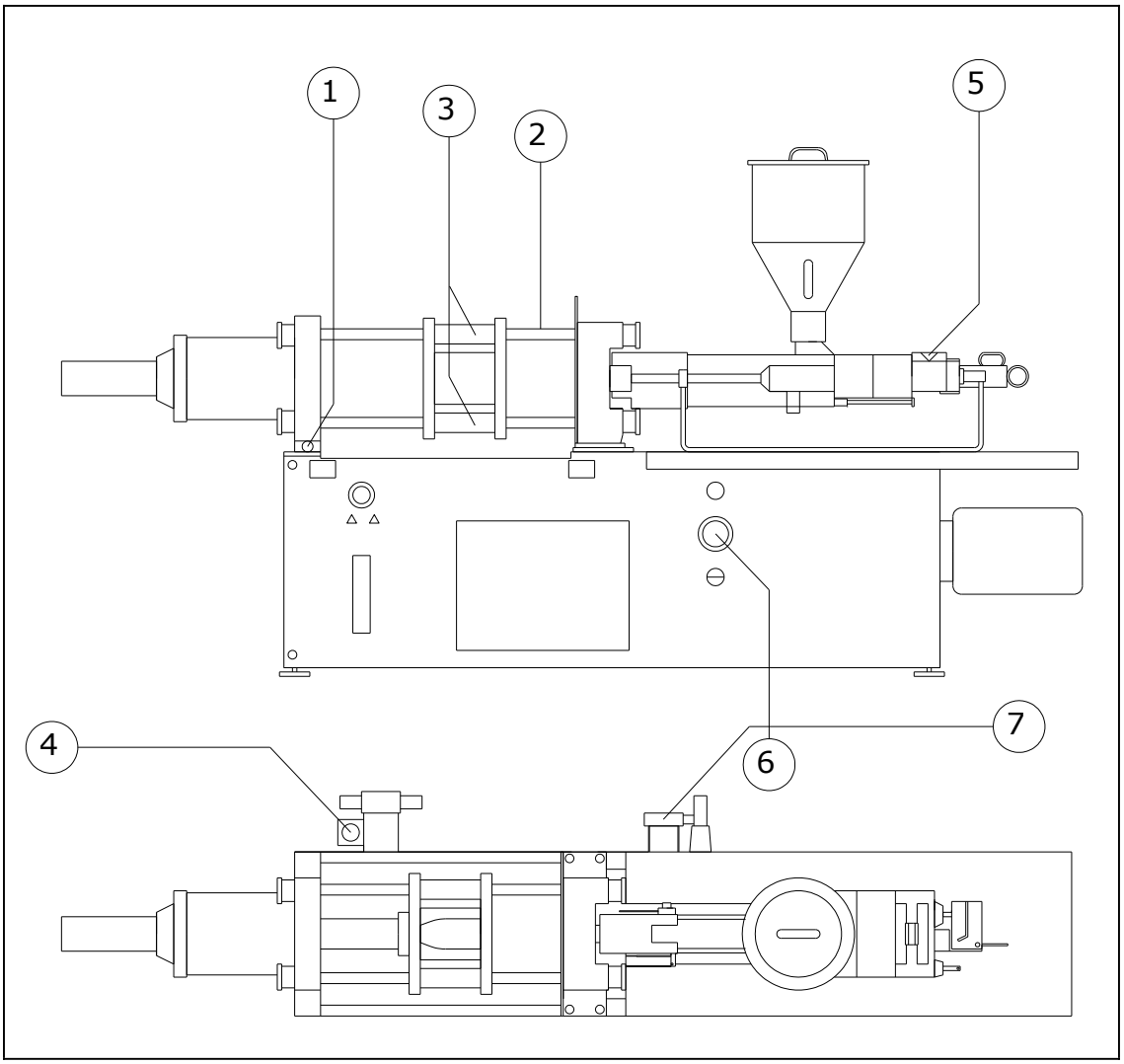


Esquema 5-1. Sitios para Lubricación (Hoja 2 de 2)

PUNTOS DE LUBRICACIÓN MÁQUINA APLICADORA.

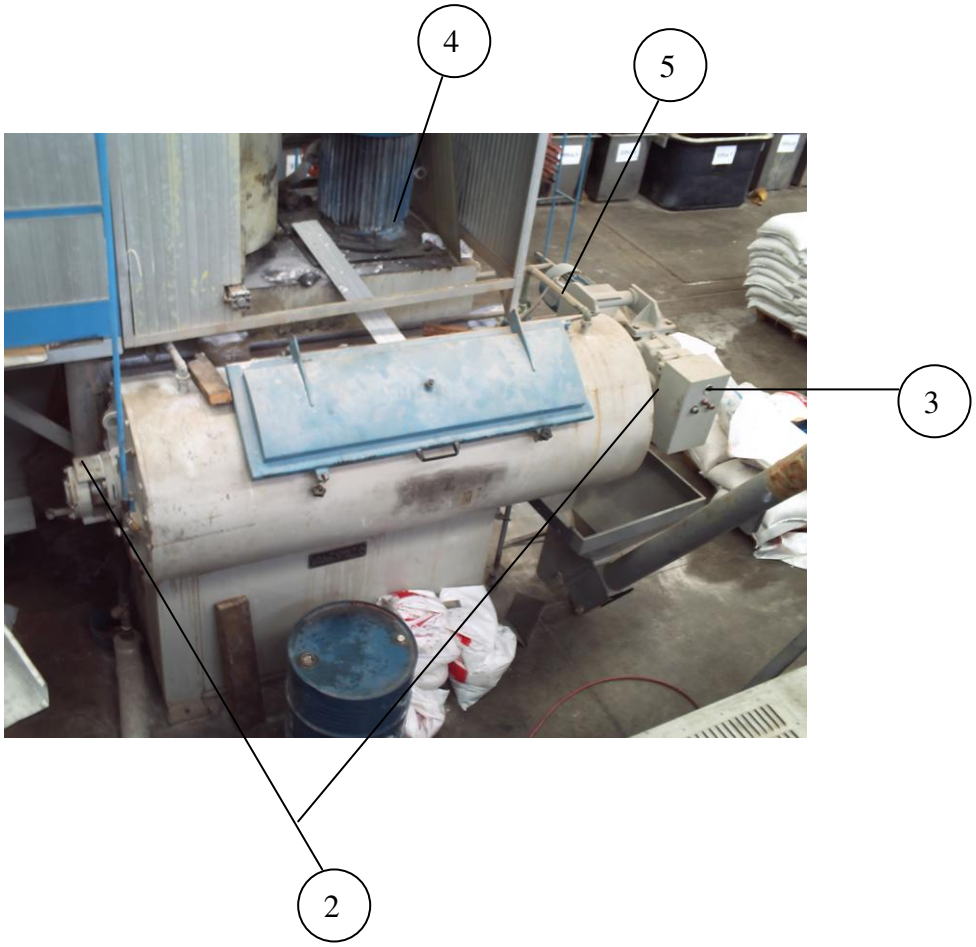


PUNTOS DE LUBRICACIÓN MÁQUINA INYECTORA 1.

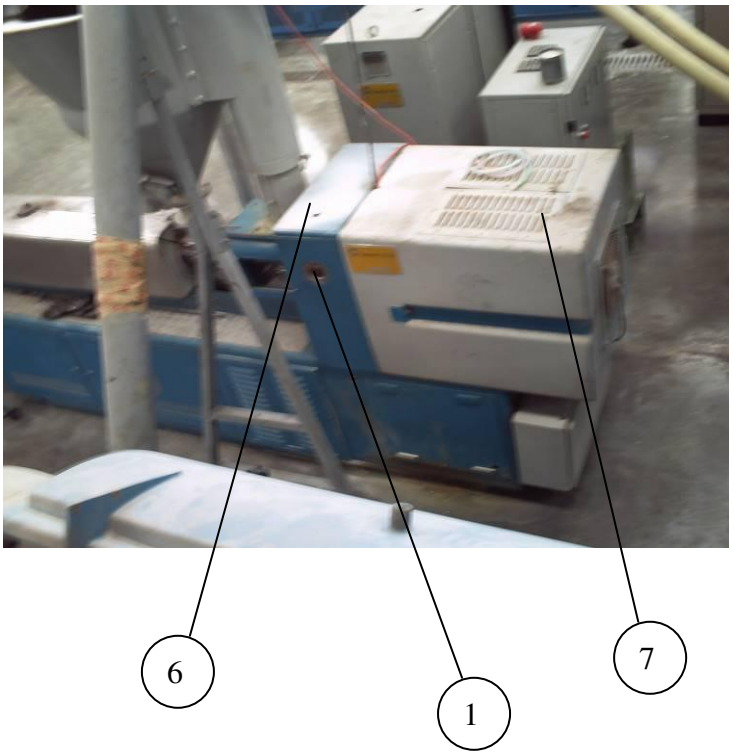


PUNTOS DE LUBRICACIÓN MÁQUINA INYECTORA 2.

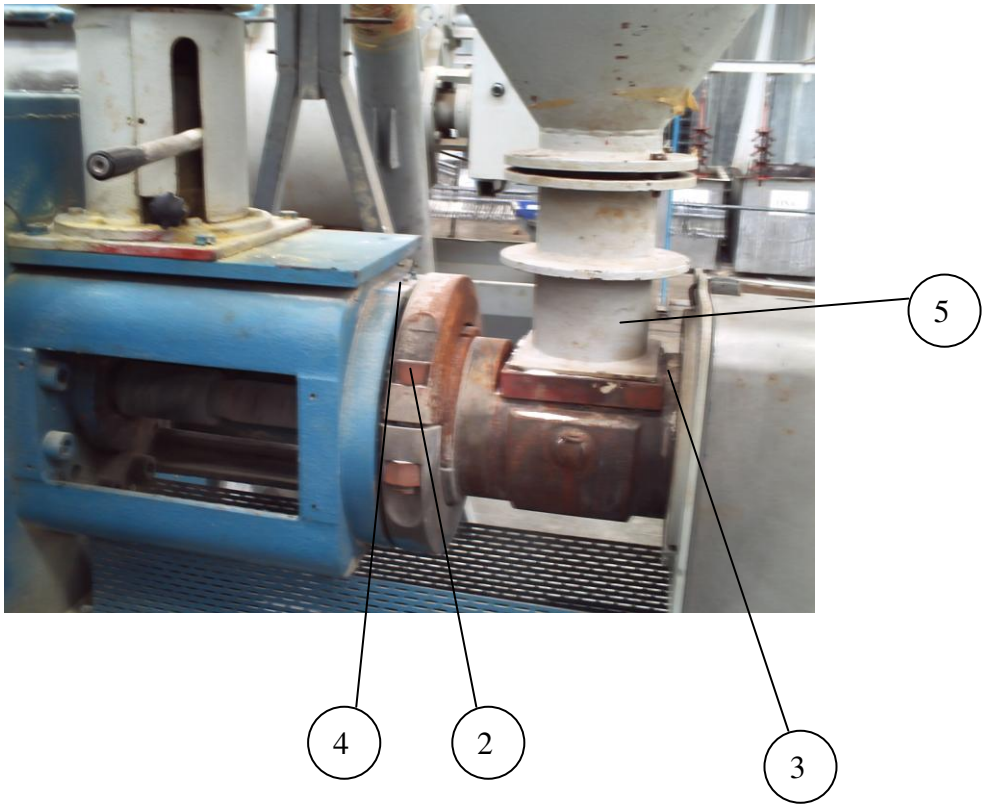
PUNTOS DE LUBRICACIÓN MÁQUINA TURBOMEZCLADOR 1.
FIGURA 1/2.



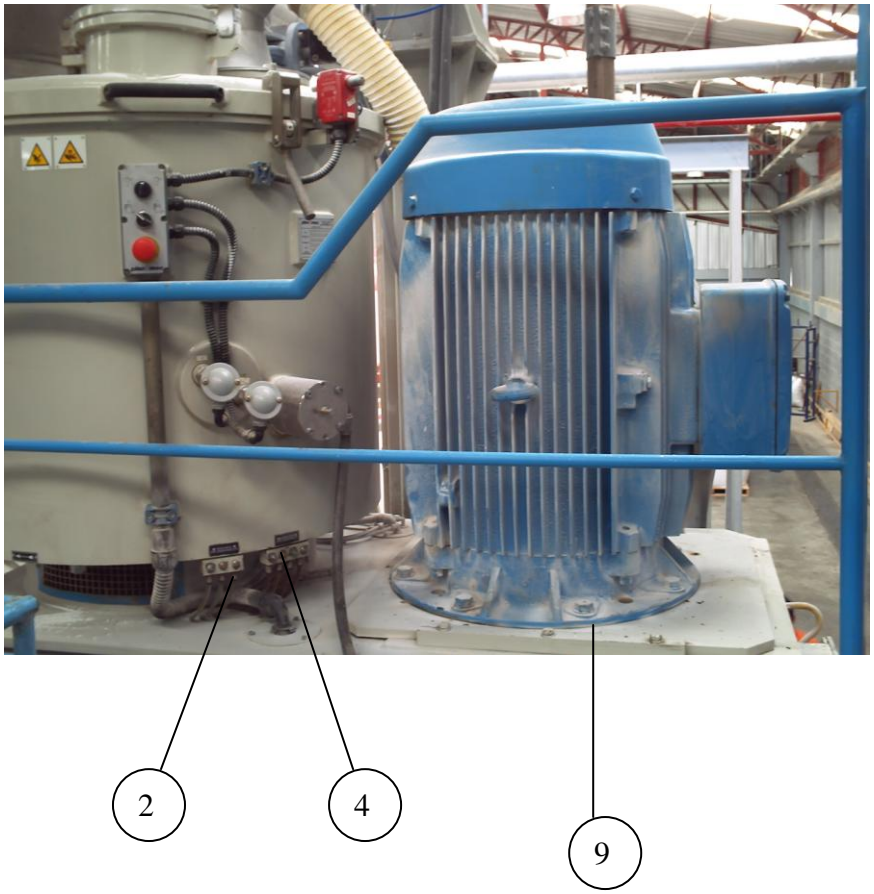
PUNTOS DE LUBRICACIÓN MÁQUINA TURBOMEZCLADOR 1.
FIGURA 2/2.



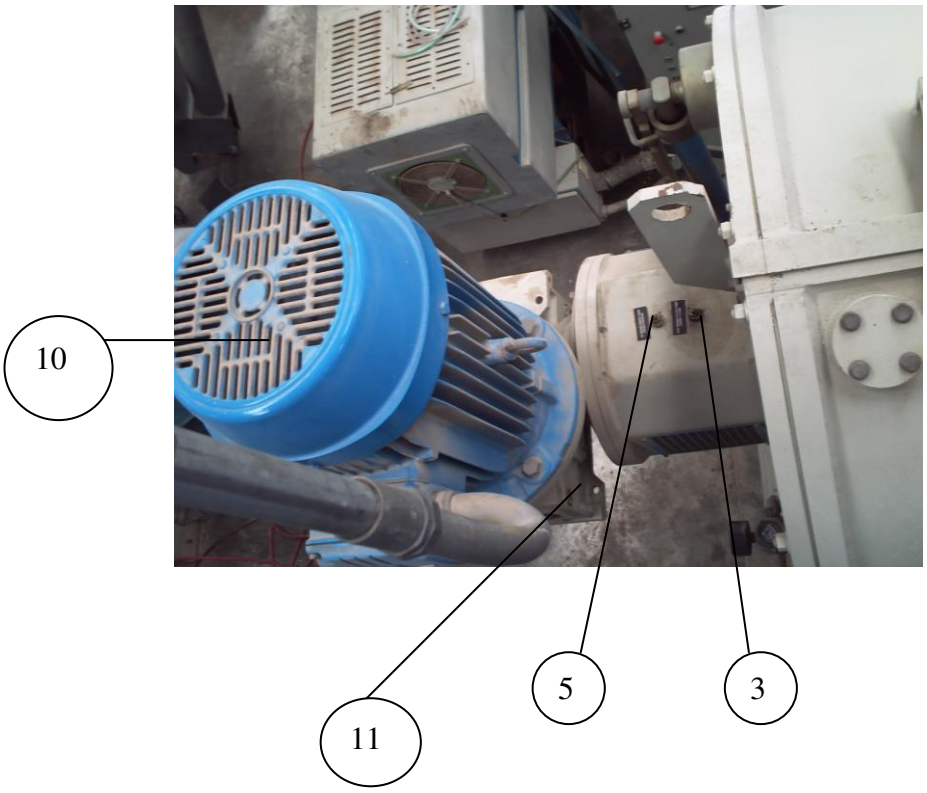
PUNTOS DE LUBRICACIÓN MÁQUINA EXTRUSORA 1.
FIGURA 1/2.



PUNTOS DE LUBRICACIÓN MÁQUINA EXTRUSORA 1.
FIGURA 2/2.

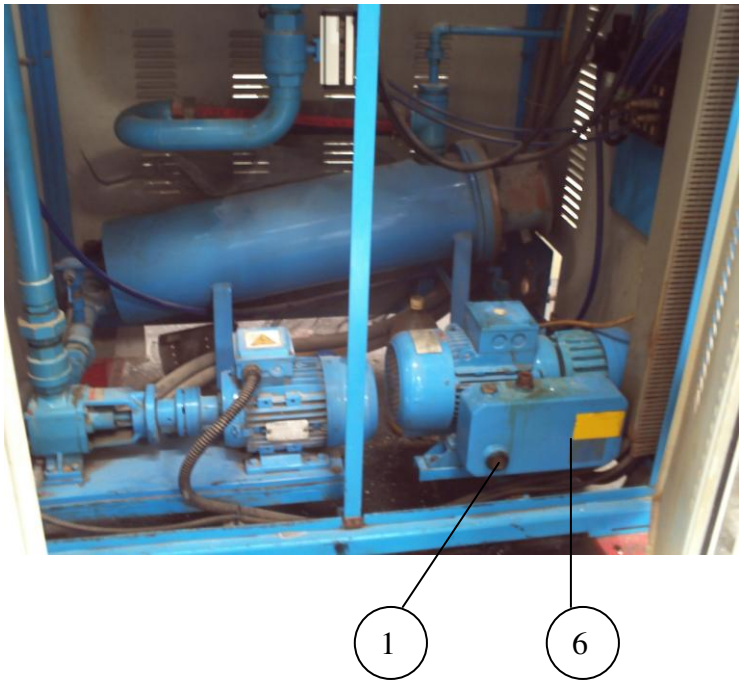


PUNTOS DE LUBRICACIÓN MÁQUINA TURBOMEZCLADOR 2.
FIGURA 1/5.

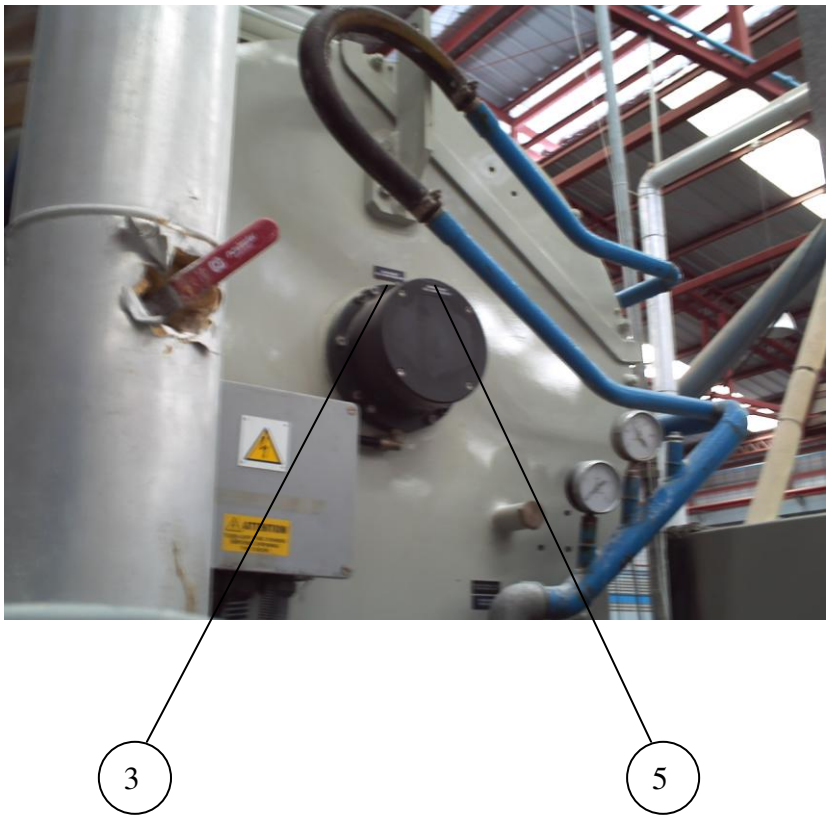


PUNTOS DE LUBRICACIÓN MÁQUINA TURBOMEZCLADOR 2.
FIGURA 2/5.

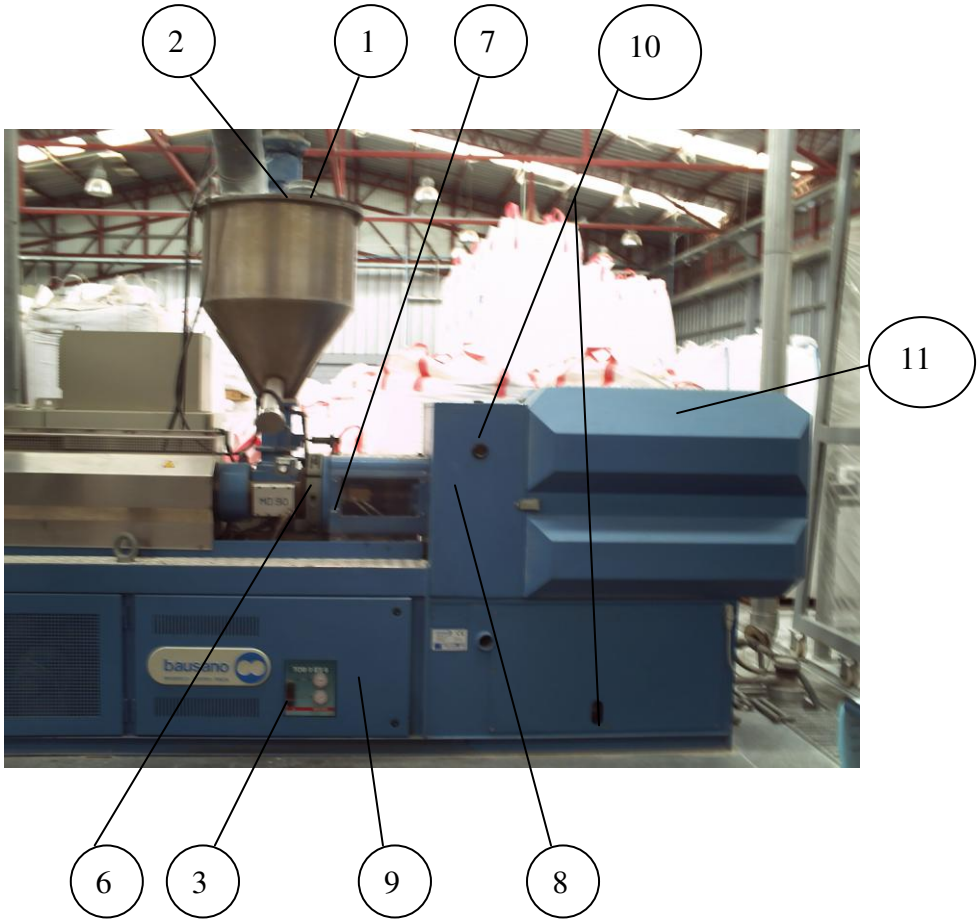
PUNTOS DE LUBRICACIÓN MÁQUINA TURBOMEZCLADOR 2.
FIGURA 3/5.



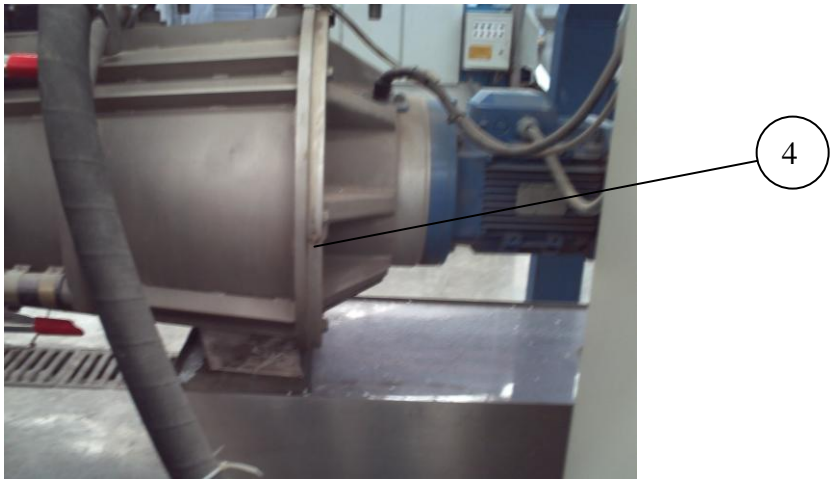
PUNTOS DE LUBRICACIÓN MÁQUINA TURBOMEZCLADOR 2.
FIGURA 4/5.



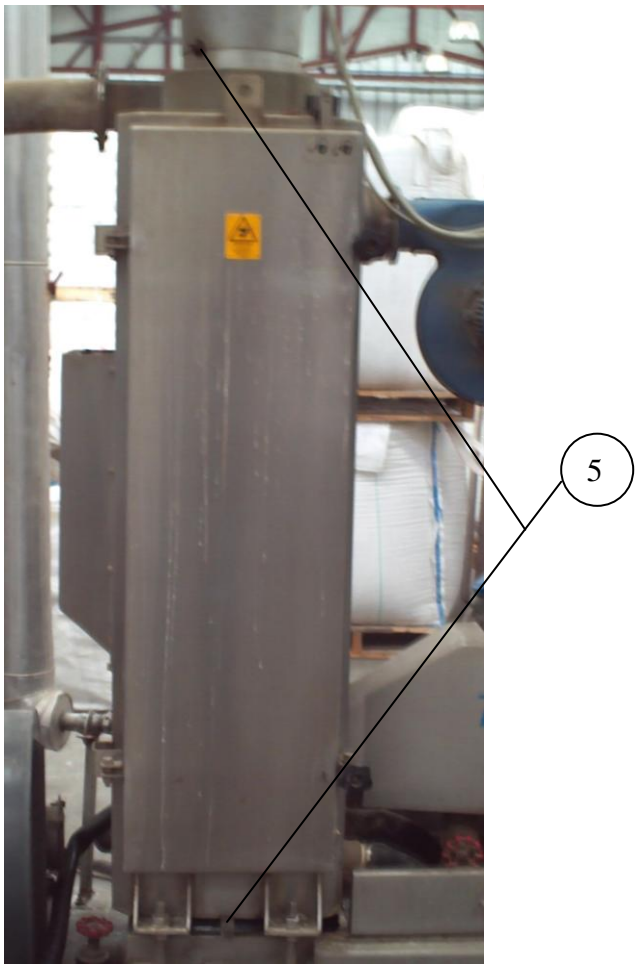
PUNTOS DE LUBRICACIÓN MÁQUINA TURBOMEZCLADOR 2.
FIGURA 5/5.



PUNTOS DE LUBRICACIÓN MÁQUINA EXTRUSORA 2.
FIGURA 1/3.



PUNTOS DE LUBRICACIÓN MÁQUINA EXTRUSORA 2.
FIGURA 2/3.



PUNTOS DE LUBRICACIÓN MÁQUINA EXTRUSORA 2.
FIGURA 3/3.

APÉNDICE A: HOJAS DE EXPEDIENTES Y HOJAS DE VIDA DE EQUIPOS DE DOLTREX S.A.

APÉNDICE B: PROGRAMA DE LUBRICACIÓN ANUAL Y TABLA DE TIEMPOS DE OPERCIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS DOLTREX S.A.

APÉNDICE C: CARTAS DE LUBRICACIÓN MÁQUINAS Y EQUIPOS DOLTREX S.A.

APÉNDICE D: PUNTOS DE LUBRICACIÓN MÁQUINAS DOLTREX S.A.

APÉNDICE E: TABLAS DE EQUIVALENCIAS DE LUBRICANTES Y TABLAS DE PROVEEDORES DOLTREX S.A.

APÉNDICE F: HOJAS DE REGISTRO DE TRABAJOS DE LUBRICACIÓN DOLTREX S.A.

BIBLIOGRAFÍA

1. MORROW; L. C., Manual de Mantenimiento Industrial, Tomo 2, Editorial s.e., 1973.

2. ROBERT C. ROSALER, Manual del Ingeniero de Planta, Tomo 2, Editorial Mc. Graw Hill, 1998.

3. BAUSANO GROUP S.PA., Manual de Instrucciones de Uso y Manutención Extrusora MD2-90, Volumen 1, 2005.

4. BAUSANO GROUP S.PA., Manual de Instrucciones de Uso y Manutención Cortadora TDA 4.0, Volumen 2, 2005.

5. BAUSANO GROUP S.PA., Manual de Instrucciones de Uso y Manutención Extrusora 85 MD, 1985.

6. PLASMEC S.R.L., Manual de Instrucciones de Uso y Manutención Máquina COMBIMX-HC/500/1500/AC, Volumen 1, 2005.

7. PLASMEC S.R.L., Manual de Instrucciones de Uso y Manutención Máquina COMBIMX-HC/500/1500/AC, Volumen 2, 2005.

8. PLASMEC S.R.L., Manual de Instrucciones de Uso y Manutención Máquina CRB-500/3/EL, Volumen 3, 2005.

9. PLASMEC S.R.L., Manual de Instrucciones de Uso y Manutención Máquina DGL-100/3/EL/WH, Volumen 3, 2005.

10. ARBURG, Manual de Instrucciones de Uso y Manutención Inyectora Allrounder 221-55-250, 1985.

11. ARBURG, Manual de Instrucciones de Uso y Manutención Inyectora Allrounder 320-500-210, 1995.

12. GRAUER, Manual de Instrucciones de Uso y Manutención Máquina SMB-1, 1985.

13. AMP INCORPORATED HERRISBURG, PA, Manual de Instrucciones de Uso y Manutención Máquina AMP-O-ELECTRIC K, 1985.

14. www.widman.biz/Boletines/2003/Boletin_2/boletin_2.html

15. www.widman.biz/Boletines/2005/Boletin_19/boletin_19.html

16. www.widman.biz/Boletines/2005/Boletin_20/boletin_20.html

17. www.widman.biz/Boletines/2007/Boletin_45/boletin_45.html

18. www.widman.biz/Seleccion/Grasas-sel/grasas-sel.html

19. www.machinerylubrication.com/sp/ejemplar_oct-nov06.asp

20. es.wikipedia.org/wiki/Curva_de_la_bañera

21. www.ingenierosdelubricacion.com/articulos/lub_equipos_rotativos.htm

22. www.mantenimientoplanificado.com/articulos_lubricacion.htm

23. www.tecnicaoleohidraulica.com/st_01_mpreventiva.htm

24. www.monografias.com/trabajos15/mantenimiento-industrial/mantenimiento-industrial.shtml