

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
ESCUELA DE MECANICA



**DOCUMENTO DE APOYO A LA GESTION DE MANTENIMIENTO, PARA LA
SELECCION Y APLICACION DE LUBRICANTES**

Trabajo para optar al Título de:
Ingeniero Mecánico

Profesor Patrocinante:
Sr. Roberto Cárdenas P.
Ingeniero Mecánico

Juan José Díaz Sepúlveda
Valdivia – Chile
2006

El Profesor Patrocinante y Profesores Informantes del Trabajo de Titulación comunican al Director de Escuela de Mecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, que el Trabajo de Titulación del señor Juan José Díaz Sepúlveda, ha sido aprobado en el examen de defensa rendido el día 05 - 05 - 2006 como requisito para optar al Título de Ingeniero Mecánico. Y, para que así conste para todos los efectos firman:

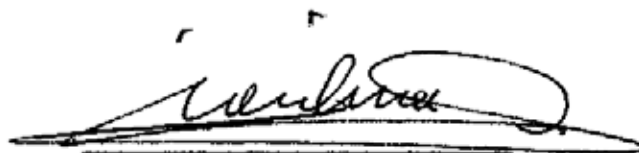
Profesor Patrocinante:

Ing. Sr. Roberto Cárdenas P.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'R' followed by 'Cárdenas P.' and a horizontal line underneath.

Profesores Informantes:

Ing. Sr. Luis Cárdenas G.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Luis Cárdenas G.' with a horizontal line underneath.

Prof. Est. Sr. José Salazar C.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'José Salazar C.' with a horizontal line underneath.

Director de Escuela

Dr. Sr. Rogelio Moreno M.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Rogelio Moreno M.' with a horizontal line underneath.

Mis mas sinceros agradecimientos a mis tíos Pablo y Georgina, por haberme acompañado y apoyado todos estos años en el proceso, desarrollo y término de mi carrera universitaria, también quiero agradecerle a mi madre Flor, mis hermanos, y a toda mi familia y amigos.

Indice General

Tópico	Página
Resumen.....	7
Summary.....	8

CAPITULO 1

Generalidades

1.1 Introducción.....	9
1.2 Objetivo general.....	10
1.3 Objetivos específicos.....	10
1.4 Metodología de trabajo.....	11

CAPITULO 2

Marco teórico referente a los Lubricantes y Lubricación Industrial

2.1 Introducción.....	12
2.2 Fricción.....	12
2.2.1 Tipos de fricción externa.....	13
2.2.2 Estados de Fricción.....	13
2.2.3 Factores que condicionan la Fricción.....	15
2.3 Desgaste de Elementos.....	15
2.3.1 Tipos de Desgaste.....	16
2.3.2 Problemas ocasionados por el Desgaste.....	18
2.4 Lubricación.....	19
2.4.1 Regímenes de lubricación.....	19
2.4.2 Factores que influyen en la Lubricación.....	21
2.5 Lubricantes.....	22
2.5.1 Clasificación de los lubricantes.....	23
2.6 Lubricantes Líquidos.....	23
2.6.1 Especificaciones técnicas de los Aceites Lubricantes.....	25

2.6.1.1 Viscosidad.....	26
2.6.1.2 Índice de viscosidad (IV).....	27
2.6.1.3 Estabilidad a la oxidación.....	28
2.6.1.4 Densidad.....	29
2.6.1.5 Número de Neutralización.....	29
2.6.1.6 Número de Saponificación.....	29
2.6.1.7 Punto de fluencia.....	30
2.6.1.8 Punto de inflamación.....	30
2.6.1.9 Punto de combustión.....	30
2.6.1.10 Demulsibilidad.....	30
2.6.1.11 Oleosidad.....	31
2.6.2 Clasificación de los Aceites Lubricantes.....	31
2.6.3 Aditivos.....	35
2.7 Lubricantes semisólidos.....	38
2.7.1 Introducción.....	38
2.7.2 Especificaciones Técnicas.....	38
2.7.3 Aditivos en lubricantes semisólidos.....	40
2.7.4 Clasificación de los Lubricantes semisólidos.....	41

CAPITULO 3

Gestión en el Proceso de Lubricación

3.1 Introducción.....	43
3.2 Factores que influyen en la elección de un lubricante.....	44
3.3 Propiedades del Lubricante.....	46
3.4 Método de selección de Lubricante para Elementos de Máquina.....	47
3.4.1 Introducción.....	47
3.4.2 Método de Reemplazo de un lubricante determinado.....	47
3.4.2.1 Selección del lubricante para Cadenas.....	47
3.4.2.2 Método de Selección de lubricante para Cojinetes.....	49
3.4.2.3 Método de Selección de Lubricante para Engranajes.....	51
3.4.3 Procedimiento para la selección de un nuevo lubricante.....	52

3.5 Almacenaje y Manipulación de Lubricantes	54
3.5.1 Introducción	54
3.5.2 La Bodega de Lubricantes	55
3.5.3 Manipulación de los tambores	57
3.5.4 Control de existencias	58
3.5.5 Lubricantes Usados	61
3.5.6 Recopilación de datos para una mejor Gestión de Lubricación	61
3.5.7 Control de Fugas y Derrames	62
3.6 Recurso humano; El Lubricador	64
3.7 Implementación de Planes de Lubricación	66
3.7.1 Introducción	66
3.7.2 Proceso de elaboración	66
3.7.3 Ejemplo de elaboración de un Plan de Lubricación	67

CAPITULO N°4

Gestión de los Sistemas de Análisis de Aceite

4.1 Introducción	69
4.2 Contaminación de Aceites	70
4.2.1 Fuentes de ingreso de Contaminación	71
4.2.2 Contaminación en la construcción de Equipos	72
4.2.3 Contaminación en los Depósitos de Aceite	72
4.2.4 Contaminación Generada Internamente	73
4.2.5 Contaminación por Agua	73
4.2.6 Daños producidos por la Contaminación	73
4.3 Norma ISO de Limpieza de Fluidos	74
4.4 Sistemas de Análisis de Aceite	75
4.4.1 Ventajas de los Sistemas de Análisis de Aceite	77
4.4.2 Revisión de las Bases de los Análisis de Aceite	78
4.4.2.1 Análisis Espectrométrico	79
4.4.2.2 Espectroscopia de Filtro Rotatorio (RFS)	79
4.4.2.3 Análisis Infrarrojo (FTIR)	80

4.4.2.4 Viscosidad.....	80
4.4.2.5 Número Ácido (TAN).....	81
4.4.2.6 Número Básico (TBN).....	81
4.4.2.7 Detección de Agua.....	82
4.4.2.8 Conteo de Partículas.....	83
4.4.2.9 Ferrografía Analítica.....	83
4.5 Analizando las Pruebas de Aceite.....	84
4.5.1 Resultados de los Análisis de Aceite.....	86
4.5.1.1 Niveles de Cobre.....	87
4.5.1.2 Niveles de Silicio.....	87
4.5.1.3 Niveles de Zinc.....	88
4.6 Aplicación de Análisis de Aceite en los Equipos.....	88
4.6.1 Aplicación de Análisis de Aceite en Compresores.....	89
4.6.2 Aplicación de Análisis de Aceite en Cajas de Engranajes.....	90
4.6.3 Aceites de Turbina y Aceites Circulantes.....	91
4.7 Gestión de límites de Alarmas y Análisis de Aceite.....	92
4.7.1 Metodologías de Alarma.....	93
4.7.2 Combinando Alarmas Estadísticas y Absolutas.....	94
4.8 Muestra de Aceite.....	94
4.8.1 Frecuencia de Tomas de Muestras de Aceite.....	95
4.9 Información relevante en los Análisis de Aceite.....	96
4.9.1 Información específica del Evento.....	97
4.9.2 Información Anexa de Diagnóstico.....	98
4.10 Gestión para Lubricantes Usados.....	99

CAPITULO N°5

Comentarios y Conclusiones Finales

5.1 Conclusiones.....	101
5.2 Bibliografía.....	103
5.3 Anexos.....	105

Resumen

Desde hace varios años en la Industria, la lubricación de los equipos ha tomado un papel principal en lo que a mantención se refiere, de aquí la importancia que tiene el entender y conocer principios fundamentales que tienen relación con la Gestión de Lubricación.

El estudio planteado abordará temas acerca de la Lubricación, y Gestión de Lubricantes Industriales que se utilizan con mayor frecuencia (grasas y aceites). Algunos de los tópicos que se abordan en el trabajo son; características de los lubricantes, la selección, aplicación (planes de lubricación), manipulación, almacenaje y Sistemas de Análisis Aceite entre otros, este último se examinará en extenso por su importancia en la lubricación actual.

El estudio se centrará en establecer parámetros para la buena Gestión de Lubricación en la Industria, que se inicia cuando el lubricante se selecciona y termina cuando este cumple su vida útil y se elimina o reacondiciona según sea el caso, con lo cual se cierra el ciclo del lubricante, pasando por todas sus etapas de utilidad en planta. Todo esto se desarrollará con el propósito de acortar la brecha que existe entre la lubricación que se ejecuta en la Industria y lo que realmente se necesita.

Summary

For several years in the industry, the lubrication of the machinery it has been taking a main paper in which to maintenance one talks about, of here the importance that has understanding and to know fundamental principles that have relation with the Lubrication Management.

The raised study will approach subjects about the Lubrication, and Industrial Lubricants Management that are used most frequently (greases and oils). Some important subjects that they were approached in the document will be; lubricants features, the selection, application (lubrication plan machinery), manipulation, storage, and the Oil Analyses Systems, along with their advantages, this last one will be examined in extensive by their importance in the present lubrication.

The investigation will be centered in establishing parameters for a good Lubrication Management, that it begins when the lubricant is selected and finishes when this it fulfills his life utility and it is eliminated or reconditioned according to is the case, with which closes the cycle of the lubricant, happening through all its stages of utility in plant. All this will be developed in order to shorten the breach that exists between the lubrication that are executed in the Industry and the one that really is needed.

CAPITULO 1

Generalidades

1.1 Introducción

La Lubricación en la Industria actual es fundamental para el correcto funcionamiento de equipos y maquinaria en general. Mantenimiento es el encargado de la Administración o Gestión de la Lubricación, teniendo en claro que esta tarea va desde la selección pasando por la aplicación, la manipulación y la última disposición de los lubricantes, cuidando de no comprometer el medio ambiente en todo el proceso anteriormente descrito. Además de estas tareas en la Gestión de Lubricación, existen otras como son la selección del personal idóneo para que realice el lubricado en los equipos, el almacenaje adecuado de los medios de lubricación y la información que estos entregan a través de los análisis de aceite, los cuales permiten conocer el estado del lubricante y la condición de los elementos mecánicos del equipo [10].

Muchos autores coinciden en que cualquier máquina funciona mejor si está lubricada apropiadamente. El registro y comprobación de la lubricación son de sumo interés para la Gestión de Mantenimiento en la Industria.

Según Reber (2003), “La selección de un lubricante es un cálculo de las propiedades de este, y un estudio de desempeño del mismo, bajo factores operacionales que el usuario requiere en sus equipos”. Este, señala además que la selección de un lubricante y su aplicación, se realiza tomando en cuenta, entre otros factores, la temperatura y la carga que se generan en los equipos.

Los ensayos que se realizan a los aceites son cada vez más importantes, porque permiten evaluar las funciones primarias de un lubricante. Además, proporcionan información rápida y precisa respecto al estado del equipo controlado y también de las condiciones del lubricante en uso [10].

1.2 Objetivo general

Elaborar un Instrumento para el apoyo a la Gestión de Mantenimiento en la Industria, en el cual se relacionarán principios teóricos y ensayos, que permitan orientar en la posterior selección y aplicación de los lubricantes.

1.3 Objetivos específicos

1. Crear un marco teórico acerca de los lubricantes, su función, su composición, su manipulación, etc.
2. Dar a conocer todas las variables que influyen en la selección y aplicación de los lubricantes industriales.
3. Investigar acerca de las diferentes empresas dedicadas al rubro de la lubricación en Chile.
4. Elaborar un plan de lubricación para un equipo, a modo de ejemplo.

1.4 Metodología de trabajo

Se lograrán los objetivos planteados de la siguiente manera:

1. Efectuando una exhaustiva revisión bibliográfica.
2. Recopilando información que sustente el desarrollo de la investigación.
3. Investigando lo relacionado a los Lubricantes Industriales, en cuanto a:
 - manipulación,
 - almacenaje,
 - características físicas y químicas, etc.
4. Reconociendo variables que influyen en la Selección de Lubricantes.
5. Reconociendo variables que influyen en la Aplicación de Lubricantes.
6. Identificando variables que se tomen en cuenta para la implementación de Planes de Lubricación.
7. Investigando acerca de la implementación de Planes de Lubricación para la maquinaria industrial.
8. Diseñando a modo de ejemplo un Plan de Lubricación para un equipo.
9. Efectuando una visita técnica a los laboratorios del SDE de SHELL Chile (Servicio de Diagnóstico de Equipos), en Santiago, con el fin de recopilar información y conocer en terreno todo lo concerniente a los Análisis de Aceite.
10. Detallando y describiendo el tipo de ensayos que se le ejecutan a los Lubricantes Industriales.
11. Estableciendo el tipo de instrumentos y equipos que son utilizados para efectuar los Análisis de Aceite y donde se pueden obtener.
12. Determinando la información que los Análisis de Aceite entregan y su posterior aplicación en el Mantenimiento de Equipos.
13. Recopilando información acerca de las Empresas que realizan dichos análisis en Chile, y cuales asesoran con respecto al tema de la Lubricación. Se buscará información como teléfonos, direcciones, etc.

CAPITULO 2

Marco teórico referente a los Lubricantes y Lubricación Industrial

2.1 Introducción

Tanto la Lubricación como los lubricantes utilizados en la Industria han cambiado con el paso de los años. Los lubricantes han mejorado sus propiedades, de allí que la lubricación de los equipos ha tenido que ir adaptándose a esta transformación. La principal función de los lubricantes industriales es reducir la fricción entre elementos, esta condición no ha variado con el tiempo, pero a su vez, a los lubricantes se les exige que además de lo señalado, cumplan con otras especificaciones como ser, la capacidad de disipar el calor, antiespumante, y fundamentalmente que mantengan sus propiedades a través del tiempo e independiente de las condiciones de operación de los equipos.

2.2 Fricción

Fricción es la pérdida de energía mecánica durante el inicio, desarrollo y final del movimiento relativo entre dos cuerpos y específicamente de sus zonas materiales en contacto. Estas zonas materiales pueden ser partículas de un mismo cuerpo, caso en el que se hablaría de fricción interna o pueden ser cuerpos diferentes donde se habla de fricción externa [1].

En términos generales, la fricción es un acontecimiento no deseado, pues representa una pérdida de energía, no obstante, existen casos específicos en que su existencia se torna imprescindible.

Es importante mencionar que algunas formas de reducir la fricción de los elementos pueden ser; puliendo las superficies, cambiando el deslizamiento lineal por rodamiento o interponiendo un lubricante entre ambas superficies [1].

2.2.1 Tipos de fricción externa

En la práctica la fricción externa que puede ser estática, móvil o de choque, se clasifica en tres grupos, siendo estos los siguientes:

a.- Fricción de deslizamiento: Se presenta durante el movimiento relativo tangencial de los elementos sólidos en un sistema tribológico, que se conoce como un sistema natural o artificial de elementos materiales, por lo menos de dos, donde se presenta fricción y en casos extremos desgaste.

b. Fricción de rodamiento: Se presenta durante el movimiento relativo de rodadura entre los elementos sólidos de un sistema tribológico. Por ejemplo un tren sobre rieles.

c. Fricción de rotación: Se presenta durante el movimiento relativo entre los elementos sólidos de un sistema tribológico, como la rotación de un eje sobre sus descansos.

El tipo de fricción mas conocido en los Sistemas Tribotécnicos (sistema particular o grupo funcional, donde existen varios puntos de fricción, los cuales tienen la función de transmitir energía o movimiento) es el de fricción por deslizamiento. Sin embargo en la práctica se pueden presentar dos movimientos relativos, actuando al mismo tiempo, lo que origina dos formas mixtas de los tipos de fricción [1].

2.2.2 Estados de Fricción

Existen diferentes formas de fricción, dependiendo del estado físico del sistema o condiciones en que se presenta el movimiento relativo entre las partes en contacto, siendo estas las siguientes:

b. Fricción metal-metal: Esta forma de fricción se produce cuando en un elemento lubricado, como consecuencia del rompimiento de la película límite o por agotamiento de los aditivos antidesgaste del lubricante, las superficies metálicas constitutivas del elemento entran en contacto directo.

La fricción metal-metal por deslizamiento presenta las siguientes características:

- Es directamente proporcional al peso o la carga del elemento que desliza.

- Es independiente del área aparente de las superficies en contacto.
- Depende de la velocidad de deslizamiento.
- Varía según la naturaleza de los materiales y del acabado superficial.

a. Fricción Pura: Se presenta cuando las rugosidades de dos superficies metálicas interactúan sin la presencia absoluta de un tercer elemento. En la práctica industrial raras veces se encuentra este estado de fricción ya que sólo se puede obtener en el laboratorio donde es factible garantizar que las superficies metálicas están libres de cualquier tipo de película contaminante. Los coeficientes de fricción en este caso se encuentran entre 0.8 a 1.0 y más. Entendiéndose por Coeficiente de Fricción como un parámetro que depende de muchos factores entre otros el material de que están compuestos los elementos, la humedad, la velocidad, etc. El valor de este coeficiente se desprende de la relación entre la fuerza necesaria para sacar al cuerpo del reposo y su peso, pero cuando se trata de roce cinético será la fuerza necesaria para mantener el cuerpo en movimiento la que se dividirá por el peso del cuerpo.

c. Fricción sólida: Constituida por tres elementos que presentan características de cuerpos sólidos. El tercer elemento en forma de capas se encuentra adherido al metal base, sus coeficientes de roce varían entre 0.2 y 0.8.

d. Fricción fluida: Es un estado de fricción constituido por lo menos por tres elementos, los cuales presentan propiedades líquidas. La obtención de la fricción fluida está condicionada a la existencia de un lubricante líquido que separa las superficies de los elementos sólidos.

e. Fricción hidrodinámica: Estado de fricción en el cual las condiciones hidrodinámicas se logran a través del movimiento relativo del par friccionante, cuando se encuentra sometido a determinadas condiciones de velocidad y de carga. En este caso es muy importante la viscosidad del lubricante empleado.

f. Fricción hidrostática: Es un estado de fricción que se presenta en aquellos mecanismos que giran a bajas velocidades y que soportan altas cargas y

donde para formar la película hidrodinámica es necesario inyectar aceite a presión antes y durante el movimiento del mecanismo.

g. Fricción gaseosa: Sistema constituido por no menos de tres elementos donde uno de ellos presenta propiedades gaseosas. Una de las formas mas difundidas es la que utiliza aire como elemento gaseoso para separar las superficies de los elementos sólidos.

h. Fricción mixta: Estado de fricción en el cual se presentan simultáneamente por lo menos dos estados de fricción. Los estados de fricción sólida y fluida son comunes en la Industria sobre todo en sistemas de bajas velocidades y grandes cargas. Durante la fricción mixta las propiedades de los materiales (elasticidad entre otras) que constituyen la unión juegan un papel muy importante [1].

2.2.3 Factores que condicionan la Fricción

Algunos de los parámetros que influyen en la fricción de elementos de máquina son:

a. Carga: Es un factor que no se puede controlar porque es parte de todo el mecanismo. Esta constituida por su propio peso y por la fuerza que este transmite.

b. Naturaleza de los materiales: Dependiendo de los materiales: dependiendo de la estructura molecular, dos cuerpos presentan mayor o menor fricción.

c. Acabado superficial: Entre mas rugosas sean las superficies, mayor es la fricción. Esto disminuye si las superficies están mas pulidas. Esencialmente existen dos tipos de rugosidades:

2.3 Desgaste de Elementos

El desgaste es consecuencia directa de la fricción especialmente de la del tipo metal-metal y se define como el deterioro sufrido por ellas a causa de la intensidad de la interacción de sus rugosidades superficiales. El desgaste puede llegar a ser crítico, haciendo que las piezas de una máquina pierdan sus tolerancias y queden inservibles, causando costosos daños y elevadas pérdidas de producción.

Una de las funciones básicas que debe tener toda sustancia que se emplee como lubricante es la de reducir la fricción sólida y por lo tanto, el desgaste a los valores más bajos posibles [1].

2.3.1 Tipos de Desgaste

En este trabajo, los tipos de desgaste se han agrupado en cinco formas siendo estos, el adhesivo, abrasivo, corrosivo, erosivo y por tensión superficial, siendo las características principales de cada uno de ellos las siguientes:

a.-Desgaste Adhesivo: O por contacto metal-metal. Se presenta en todos los mecanismos lubricados o no, cuando las superficies no están separadas completamente por una película de aceite (lubricación límite).

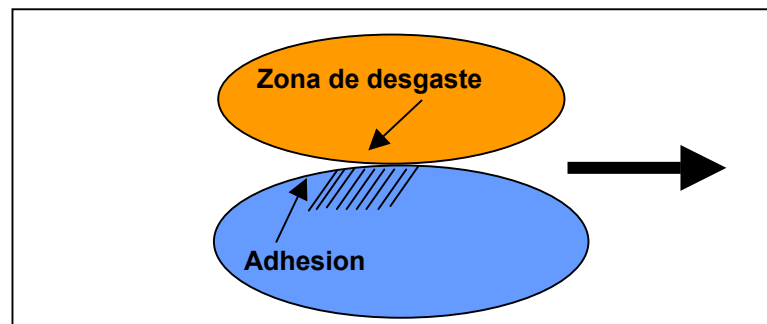


Figura N°1 Desgaste adhesivo entre dos superficies [1]

b. Desgaste Abrasivo: Ocasiona el desgaste mecánico como resultado de la presencia de partículas extrañas entre las superficies en movimiento relativo, de igual o mayor dureza que estas últimas. Es de mucha importancia filtrar las partículas, ya que de no ser así el número de estas aumenta rápidamente por causa del mismo desgaste generado, esto se conoce como reacción en cadena, y la única forma de cortar esta reacción es la filtración del fluido lubricante.

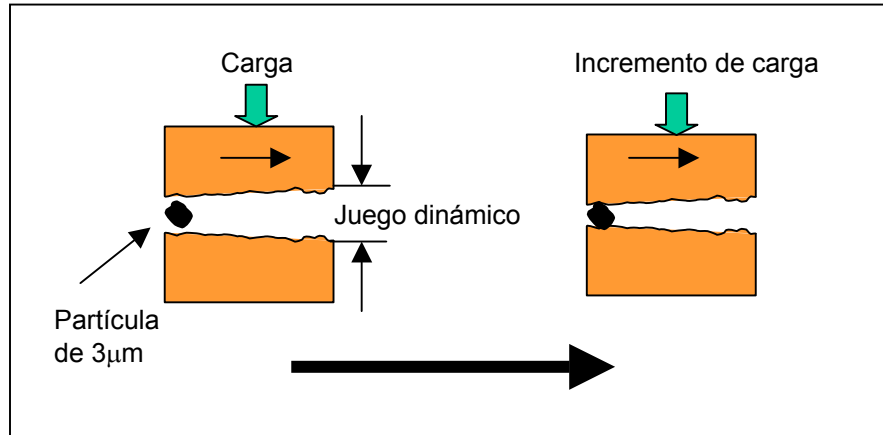


Figura N°2 Mecanismo de desgaste abrasivo [1]

c. Desgaste corrosivo: Es la remoción progresiva de material de una superficie en frotación, producida por la combinación de un ataque químico y una acción mecánica. Es causado por una reacción química que mueve material de la superficie de un componente. Y generalmente es un resultado directo de la oxidación, corrientes eléctricas aleatorias que producen corrosión o picaduras en la superficie. También la presencia de agua o de productos de la combustión fomenta este tipo de desgaste

d. Desgaste erosivo: Es causado por un fluido a alta presión y con partículas sólidas en suspensión, las cuales al impactar sobre las superficies arrancan material de ellas debido a los efectos de choque de las partículas con el elemento lubricado. La pérdida de material puede ser significativa provocando roturas por fatiga.

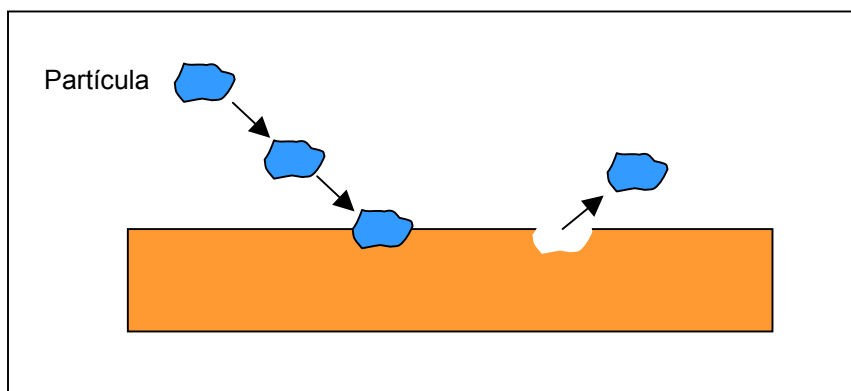


Figura N°3 Desgaste Erosivo [1]

e. Desgaste por fatiga superficial: Se presenta como consecuencia de los esfuerzos cíclicos de tensión, compresión y esfuerzo cortante sobre una superficie, los cuales dan como resultado grietas profundas de fatiga que causan finalmente la aparición de picaduras y de escamas.

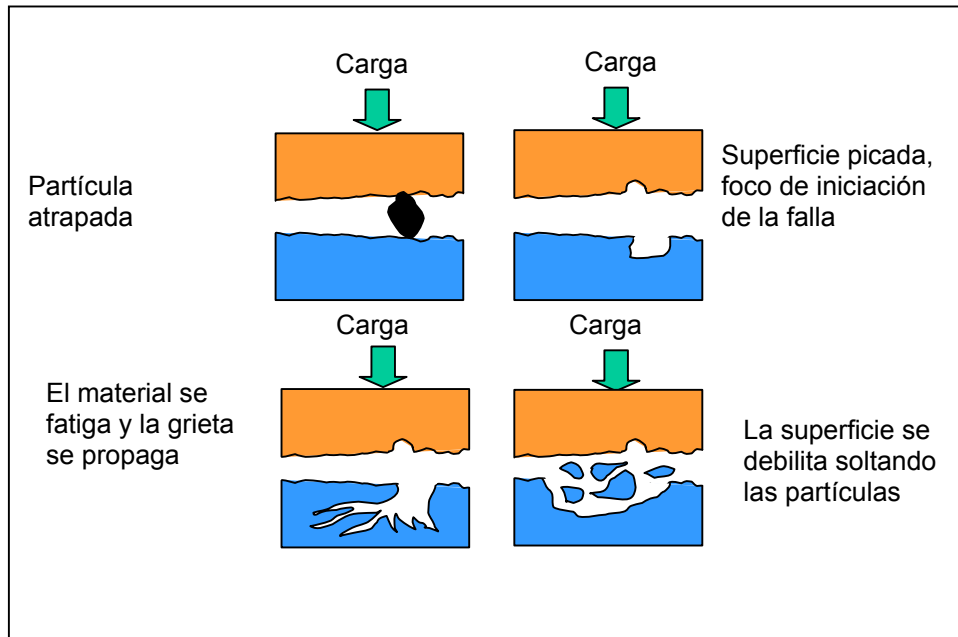


Figura N°4 Desgaste por fatiga [1]

2.3.2 Problemas ocasionados por el Desgaste

El desgaste en los elementos de máquina produce una serie de problemas, como un mayor consumo de repuestos por aumento en las reparaciones y en el mantenimiento, además de una disminución en la producción ya que baja la eficiencia de la maquinaria. Reduce también la vida útil del equipo y es un factor de riesgo de accidentes, ya que existe un peligro de rotura de piezas al sobrepasar estas su límite de diseño.

Existen formas para reducir el desgaste en la maquinaria, esto se puede lograr utilizando los lubricantes mas apropiados para las diferentes condiciones de operación, y determinando los límites de frecuencia de lubricación adecuados para cada equipo en particular. También se puede disminuir el desgaste de los elementos con buenos programas de mantención preventivos,

incluyendo principalmente limpieza o cambio de filtros de aceite, y no sometiendo los equipos a condiciones diferentes a las de diseño [1].

2.4 Lubricación

La lubricación es la reducción de la fricción, roce o desgaste que se genera en las superficies de cuerpos en contacto, que pueden encontrarse en reposo o con movimiento relativo, por la aplicación de algún elemento que se denomina lubricante.

Cada vez que un cuerpo se mueve, inmediatamente se genera una fuerza contraria que se opone al desplazamiento, solo una vez que se haya vencido esta fuerza, el cuerpo se pondrá en movimiento. El roce es un tipo de fuerza disipativa que genera calor y gasto de energía e incrementa el desgaste, por lo tanto hace los procesos mas inefficientes y además reduce la vida útil de los equipos.

2.4.1 Regímenes de lubricación

Cuando un elemento empieza a moverse sobre otro, se pueden presentar una de las dos situaciones siguientes:

- **Movimiento inicial:** En cuando el elemento móvil inicia su desplazamiento sobre otro y el lubricante interpuesto comienza a deformarse en pequeñas láminas, las unas sobre las otras. Inicialmente estas son paralelas y de no existir una completa separación, se presenta contacto metal-metal.

- **Movimiento uniforme:** A medida que el elemento móvil va alcanzando su velocidad de funcionamiento, se incrementa la acción de bombeo, hasta alcanzar un flujo apropiado de lubricante que permite la completa separación de las superficies. La película convergente formada se conoce como acción hidrodinámica o cuña hidráulica y es la base de la lubricación por película fluida.

Existen varios tipos de regímenes de lubricación los cuales pueden clasificarse como sigue:

a.- Lubricación Hidrodinámica: La condición en la cual la forma y el movimiento relativo de las superficies en deslizamiento causan la formación de una película fluida continua, bajo una presión suficiente como para prevenir cualquier contacto entre ambas superficies. Comúnmente se le llama Lubricación por Película Fluida.

b.- Lubricación Límite: Es la condición en la cual la película de lubricante se hace demasiado delgada para dar una separación completa por la interposición del fluido entre las dos superficies en rozamiento y como resultado, las asperezas de dichas superficies entran en contacto. Por lo tanto, las cualidades de la protección contra la fricción y el desgaste están determinadas más por la naturaleza química del lubricante que por sus propiedades físicas.

c.- Lubricación Mixta: Este régimen se presenta en estado intermedio entre lubricación límite e hidrodinámica por el cual todo mecanismo pasa antes de alcanzar esta última condición. Una selección incorrecta del aceite, al igual que una disminución en su viscosidad, pueden dar lugar a que el mecanismo quede funcionando bajo estas condiciones. En este caso el espesor de la película lubricante es igual a la rugosidad promedio de ambas superficies y no se alcanza a obtener un flujo laminar.

d.- Lubricación Elastohidrodinámica (EHL): La condición en la cual las superficies de elementos de máquina fuertemente cargados están o completamente o parcialmente separados por una muy delgada película de lubricante. La deformación elástica de las superficies en contacto atrapa al lubricante, sometiéndolo a elevada presión, lo cual incrementa su viscosidad y su capacidad de transportar carga o soportar resistencia. Es muy importante que el personal de mantenimiento y de lubricación de las máquinas rotativas tenga muy claro cuando la lubricación es fluida y cuando EHL. Para condiciones de lubricación fluida por lo regular se utilizan aceites de un grado ISO 220 (ver sección 2.6.1) ó menores y sin aditivos de Extrema Presión; para condiciones de lubricación EHL la viscosidad del aceite requerido, Por lo regular es de un grado ISO 220 ó mayor y deben contar con aditivos de Extrema Presión. Un

aceite para condiciones de lubricación EHL se puede utilizar en lubricación fluida pero el caso contrario nunca ya que daría lugar a desgaste adhesivo de los mecanismos lubricados [1].

2.4.2 Factores que influyen en la Lubricación

Existen muchos factores que influyen en una buena lubricación de maquinaria, algunos de estos factores son los siguientes:

a. La viscosidad del lubricante: Es el factor más importante, si la viscosidad del lubricante es demasiado baja, significa que el lubricante es muy delgado, y no será capaz de formar una cuña de aceite adecuada, esto quiere decir que le será imposible generar suficiente presión para separar las superficies móviles. Si por otro lado, la viscosidad es demasiado alta, el espesor de la película de lubricante puede restringir el movimiento relativo entre las dos superficies.

b.- El diseño del elemento de máquina: La forma de las superficies lubricadas debe favorecer la formación de una cuña de aceite. Por lo tanto debe haber un espacio adecuado entre las superficies móviles para la correcta lubricación de estas.

c.- Alimentación del lubricante: Claramente la lubricación hidrodinámica no se puede desarrollar si hay falta de lubricante. El método de alimentación ya sea este manual o por algún otro sistema de lubricación (automático, centralizada, baño, niebla, por goteo, etc.) debe ser el adecuado.

d.- La carga de trabajo: A cualquier temperatura dada, un incremento de la carga tenderá a disminuir la película de aceite. Una carga excesiva tiende a incrementar la fricción y por ende el desgaste de los elementos constitutivos del equipo.

e.- Condiciones del medio de trabajo: Se le llaman condiciones del medio de trabajo a las distintas amenazas en contra del lubricante producidas por el medio en que se encuentra, ya sean estas el polvo del medio, el lavado por agua de los elementos de máquina, etc.

2.5 Lubricantes

Lubricante corresponde a cualquier sustancia que se utilice para reducir el rozamiento entre dos superficies. Los lubricantes se clasifican en general como gaseosos, líquidos, semisólidos y sólidos.

El lubricante es un elemento vital para el funcionamiento de las máquinas y es el responsable de mantener con vida el proceso productivo de las empresas. Una mala elección del lubricante o la ausencia del mismo, puede generar problemas graves que se manifiestan entre otras, en costosas reparaciones, paradas improductivas, elevación en los costos de mano de obra, cambio de repuestos o necesidad de reposición de las máquinas y pérdida de calidad del producto, es decir, pueden tonar los procesos productivos de una empresa en ineficaces e ineficientes.

Todo equipo industrial tiene una vida útil durante la cual la empresa obtiene una producción determinada. Un papel importante del lubricante es lograr que el equipo cumpla su vida útil o, en el mejor de los casos la supere. Desgraciadamente en algunas industrias poca atención se le presta a estos hechos y se mira el proceso de lubricación como la simple labor de poner aceite y grasa a las máquinas, dejando de lado todas aquellas consideraciones que pueden convertirlo en un factor importante para mejorar la productividad de la organización.

Para analizar estas consideraciones se puede comenzar diciendo que lubricar es encontrar la mejor manera de aplicar el lubricante apropiado, en el lugar requerido, en la cantidad correcta, en el momento preciso, al menor costo y con el mayor valor añadido posible [10].

Los lubricantes realizan diversas funciones entre las cuales se puede mencionar entre otras:

- Reducen la fricción y el desgaste de la maquinaria en movimiento.
- Protegen las superficies de metal contra la corrosión.
- Controlan la temperatura y actuar como agentes de transferencia de calor.
- Envuelven y arrastran los contaminantes.
- Absorben o amortiguan choques y vibraciones.

- Forman sellos.
- Informan a través de los análisis de aceite.

2.5.1 Clasificación de los lubricantes

Como se señaló precedentemente, los lubricantes se clasifican de acuerdo a su estado físico en, gaseosos, líquidos, semisólidos y sólidos, siendo sus características básicas las que se indican a continuación.

Industrialmente los lubricantes líquidos y semisólidos son los mas utilizados y los restantes tienen una ocupación mas específica en determinados procesos.

a.- Gaseosos: Como su nombre lo indica, estos lubricantes se encuentran en su fase gaseosa. El mas utilizado es el aire que se utiliza a presión formando un colchón entre los elementos en movimiento, pero además se utiliza el Helio y el Neón.

b.- Líquidos: Los mas utilizados son los derivados del petróleo, están constituidos por un aceite base al que le agregan aditivos, para de esta forma lograr características específicas. Dentro de los lubricantes líquidos se encuentran cuatro grupos, de acuerdo al origen del aceite base y que son los lubricantes minerales, grasos, compuestos y sintéticos

c.- Semisólidos: Normalmente poseen una viscosidad mayor que los lubricantes líquidos. Se generan de un aceite base y se les incorporan jabones espesantes, que le dan una mayor consistencia, por lo que la película lubricante permanece por mas tiempo sobre la superficie lubricada. Esta clase de lubricantes engloba principalmente a las grasas.

d.- Sólidos: Generan películas lubricantes fuertemente unidas a las superficies metálicas, dando lugar a coeficientes de fricción muy bajos. Están constituidos por minerales, tales como el grafito, disulfuro de molibdeno, la mica y el talco.

2.6 Lubricantes Líquidos

Un lubricante líquido está compuesto por un aceite base, mas un porcentaje de aditivo. En la práctica la cantidad de aceite que posee el lubricante oscila

entre los 80 y 95%, mientras que el aditivo es el complemento del cien por ciento, es decir varía entre el 5 al 20%.

Como se señaló, el aceite cumple con las propiedades básicas del lubricante, es decir, disminuir el rozamiento entre las superficies en contacto, mientras que los aditivos entregan propiedades adicionales al lubricante para mejorar su performance.

Los lubricantes líquidos, como se señaló anteriormente, pueden clasificarse a partir de las características u origen del aceite base, es así como tenemos los lubricantes comúnmente llamados aceites, minerales, grasos, compuestos, y sintéticos:

a.- Aceites minerales

Los aceites minerales proceden del petróleo, y son elaborados del mismo después de múltiples procesos en las plantas de producción o refinerías. A la fecha este tipo de lubricantes es el más utilizado industrialmente, no obstante, el avance que han experimentado en su uso los aceites sintéticos. En la práctica la selección, es en donde se deben conjugar dos factores, uno es el costo operacional y el otro son las propiedades y ventajas tecnológicas que poseen los lubricantes.

b.- Aceites grasos

Son aceites de origen vegetal y animal. Fueron los primeros lubricantes utilizados por el hombre, estos se sustituyeron por los aceites minerales como resultado del desarrollo científico tecnológico. Los aceites grasos presentan baja resistencia a la oxidación, esto es, se ponen rancios con facilidad, dando origen a la formación de residuos gomosos, su calidad no siempre es uniforme. De acuerdo a su origen los aceites grasos pueden clasificarse en: aceites de origen vegetal y aceites de origen animal

c.- Aceites compuestos

Un aceite de petróleo al que se le han agregado otras sustancias químicas, especialmente aceites grasos. Como se dijo consisten en una mezcla de aceites grasos y minerales, sin embargo, la adición de aceite graso normalmente no supera el 30%. Los aceites compuestos presentan buenas

características para reducir la fricción, como también en otros casos se emplean para facilitar la formación de emulsiones en presencia de vapor de agua.

d.- Aceites Sintéticos.

Los Aceites Sintéticos son un tipo de lubricante los cuales no son producidos por el refinamiento de petróleo, o sea que su base no es de origen mineral, este tipo de aceite esta formado principalmente por moléculas artificialmente combinadas de petróleo, y otras materias.

El uso de los Aceites Sintéticos ha experimentado una creciente demanda fundamentalmente para procesos en los cuales existen altas exigencias que deben cumplir los lubricantes, lo que implica un amplio conjunto de aplicaciones.

Existen varios tipos de Aceites Sintéticos los que se clasifican principalmente en; hidrocarburos sintetizados que son productos sintetizados a partir del petróleo crudo, los estéres orgánicos que se forman a partir de la reacción química de ácidos y alcoholes, y por último los esteres de fosfato y ácido fosfórico que se formulan a partir de la reacción de fenoles o alcoholes con anhídridos de ácido fosfórico.

2.6.1 Especificaciones técnicas de los Aceites Lubricantes

Las diversas propiedades físico químicas de los aceites, definen y caracterizan el uso de estos. Por lo tanto se hace necesario uniformar criterios tanto de medición de sus especificaciones, como de clasificación y denominación. Es así como organismos internacionales tales como SAE, API y ASTM, se han preocupado de normalizar las denominaciones, caracterización y medición de propiedades de los lubricantes. En la figura siguiente se esquematiza lo indicado.

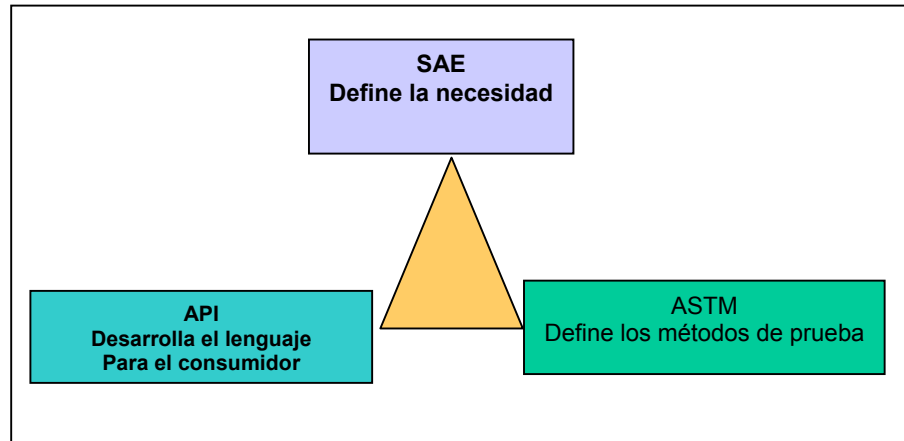


Figura N°5 Relación entre las asociaciones técnicas de la industria de los lubricantes [11]

A continuación se procede a detallar las características mas importantes de los lubricantes líquidos

2.6.1.1 Viscosidad

Viscosidad es la resistencia del aceite a fluir y es la cualidad singular más importante a tener en cuenta para la selección del aceite.

Existen dos tipos de viscosidad uno de ellos es la viscosidad absoluta y la cinemática. La viscosidad absoluta representa la viscosidad real de un líquido y se mide por el tiempo que demora un lubricante en fluir por una serie de tubos capilares estrechos a una temperatura dada. Las unidades de viscosidad absoluta mas utilizadas son las siguientes:

- Poise (en sistema métrico): $1 \text{ Poise} = 1 (\text{dina} \cdot \text{s})/\text{cm}^2$
- Reyn (en sistema ingles): $1 \text{ Reyn} = 1 (\text{lbf} \cdot \text{s})/\text{pulg}^2$

La viscosidad cinemática es la mas utilizada para expresar esta propiedad del fluido. La viscosidad cinemática o de movimiento del fluido equivale a la viscosidad absoluta dividida por su densidad (ambas propiedades bajo las mismas condiciones de temperatura y las mismas unidades). La unidad mas utilizada para expresar la viscosidad cinemática es el Centistoke.

En general la viscosidad de un aceite se puede especificar en alguna de las siguientes unidades:

- Segundos Saybolt Universal (SSU)
- Segundos Saybolt Furol (SSF) para aceites de mayor viscosidad
- Centistokes (Cst)
- Segundos Redwood No. 1, Universal
- Segundos Redwood No. 2, Admiralty
- Grados Engler (°E)

La viscosidad es medida generalmente según ASTM-D-445, en este método se emplea un Viscosímetro Saybolt Universal (VSU), que mide el tiempo que tardan 60 ml de lubricante en escurrir por un tubo de 17.6 mm de diámetro y 12.25 mm de longitud a una temperatura dada.

Los lubricantes que fluyen libremente; se dice que tienen baja viscosidad y puede que no soporten cargas entre los elementos. En cambio los que tienen alta resistencia a fluir, se dice que tienen alta viscosidad, este sin embargo, en algunos casos no es capaz de llegar a todos los intersticios. La viscosidad de todos los lubricantes decrece con la temperatura, pero no de la misma manera.

Como la fricción interna actúa como resistencia contra la modificación de la posición de las moléculas al actuar sobre ellas una tensión de cizallamiento. La viscosidad es una propiedad que depende de la presión y temperatura. La viscosidad necesaria para lubricar un equipo va a depender de las condiciones a que estén expuestos los equipos y sus distintos elementos.

2.6.1.2 Índice de viscosidad (IV)

El índice de viscosidad se considera como una importante característica para la selección de un aceite lubricante. Las variaciones de temperatura afectan a la viscosidad del lubricante generando cambios en ésta, lo que implica que a altas temperaturas la viscosidad decrece y a bajas temperaturas aumenta.

Para la creación del Índice de Viscosidad se tomaron arbitrariamente diferentes tipos de aceite y se midió su viscosidad a 40°C y 100°C, el aceite que sufrió menos cambios en la misma se le asignó el valor “100” de índice de

viscosidad y al que varió en mayor proporción se le asignó valor “0” de índice (ver Fig. N°6).

Luego con el avance en el diseño de los aditivos mejoradores del índice de viscosidad se logró formular lubricantes con índices mayores a 100.

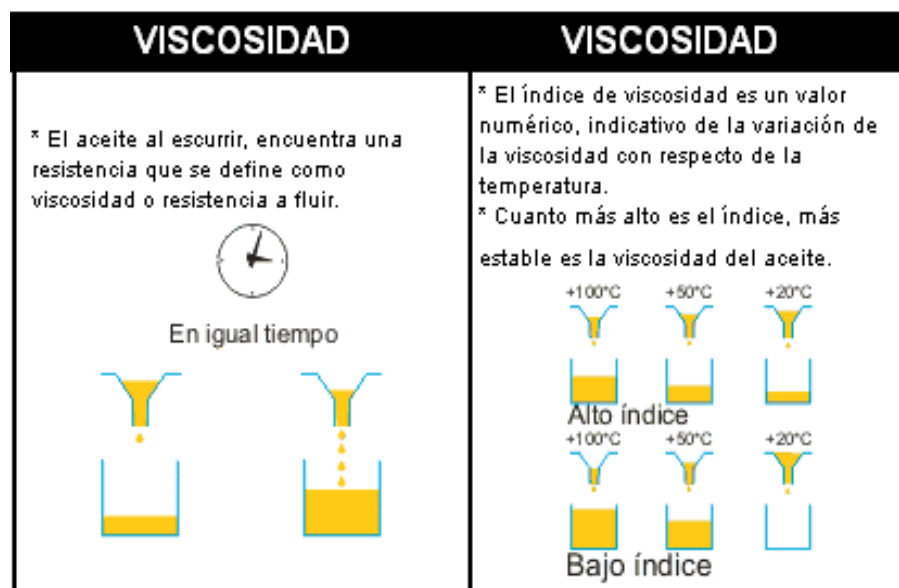


Figura N°6 Índice de viscosidad

De lo señalado se deduce que es más conveniente el uso de lubricantes con un alto índice de viscosidad, dado que en procesos en los cuales se presenten variaciones importantes de temperatura el lubricante se mantendrá con una viscosidad relativamente constante.

2.6.1.3 Estabilidad a la oxidación

Cuando un lubricante se expone al calor y al aire, tiene lugar una reacción química llamada oxidación. Los productos de esta reacción incluyen lodos, barnices, resinas y ácidos corrosivos y no corrosivos. La oxidación suele ser acompañada por un aumento en la viscosidad. Los aceites de petróleo son compuestos orgánicos y por ende pueden sufrir oxidación, esta propiedad es de suma importancia, dependiendo del uso que se le dé al lubricante.

La rapidez de oxidación va a depender de las propiedades químicas del aceite, de la temperatura ambiente, etc. Además de la presencia de catalizadores de la oxidación como algunos contaminantes. La prueba que se

utiliza para medir la oxidación es la D-943 (ASTM). Se realiza en condiciones estándar y se mide el tiempo que demora la acidez del lubricante en aumentar hasta una cantidad preestablecida. Mientras más estable es el lubricante mas tiempo tardará en llegar al nivel de acidez.

2.6.1.4 Densidad

También llamada Gravedad API, esta definida como la masa de un aceite lubricante por unidad de volumen de la misma, a determinada temperatura.

En la industria petrolera se utiliza la gravedad API (American Petroleum Institute) [7]. Y la gravedad específica o peso específico a 60°F, existiendo la siguiente relación:

$$\text{Densidad API (Grados API)} = \frac{141,5}{\text{Gravedad específica a } 60^{\circ}\text{F}} - 131,5 \quad (2.1)$$

2.6.1.5 Número de Neutralización

Es una medida de la acidez o alcalinidad de un aceite. Usualmente se indica como el número ácido total (TAN) que es la cantidad de componentes de tipo ácido en el lubricante y el número total base (TBN) que es una expresión de la cantidad de aditivos alcalinos en el lubricante, los que pueden neutralizar los productos ácidos. Estos índices se expresan en miligramos de hidróxido de potasio requerido para neutralizar el contenido ácido o básico de una muestra de 1g de aceite (mg KOH/gr) [7].

2.6.1.6 Número de Saponificación

También llamado número SAP, es un indicador de la cantidad de material graso contenido en un lubricante. El número SAP varía de cero para un aceite que no contiene material graso a 200 para un lubricante compuesto en su totalidad por materiales grasos [7].

2.6.1.7 Punto de fluencia

El punto de fluencia es la temperatura más baja a la cual el aceite permanece fluido sometido a cierta prueba de laboratorio. Indica a cuán baja temperatura se podrá usar un aceite confiando todavía en el valor de la densidad. Muchos aceites contienen ingredientes parafínicos que le comunican ciertas características deseables al aceite, pero que tienen la desventaja de cristalizar a bajas temperaturas

2.6.1.8 Punto de inflamación

Al calentar un aceite, las fracciones más livianas tienden a evaporarse. La temperatura a la cual los vapores ante la presencia de una llama se inflaman, se denomina punto de inflamación.

El descenso del punto de inflamación indica contaminación, con aceite liviano o por dilución del combustible, esta característica es de suma importancia cuando se seleccionan aceites para motores de combustión interna.

2.6.1.9 Punto de combustión

El punto de combustión es la temperatura a la cual los vapores del aceite se inflaman y son capaces de mantener una llama continua. Este punto de combustión suele ser en general de unos 330°C por arriba del punto de inflamación [7].

2.6.1.10 Demulsibilidad

Se refiere a la capacidad del aceite para separarse del agua, mientras mejor sea la demulsibilidad del lubricante mas rápidamente se separará del agua cuando ambos se encuentren mezclados.

Los aceites hidráulicos sometidos a condiciones en donde el agua en alguna de sus formas está presente tienen problemas de condensación causados por diferenciales de temperatura dentro del depósito de aceite. Una buena separación del agua da menor desgaste de la bomba y una mejor resistencia de la película.

2.6.1.11 Oleosidad

Es la propiedad del lubricante para adherirse a las superficies en contacto (cojinetes, metales, etc.).

La oleosidad no tiene relación con la viscosidad. Los lubricantes con gran oleosidad disminuyen el desgaste que puede ocasionarse entre las piezas debido a la capa multimolecular que se adhiere a las superficies.

2.6.2 Clasificación de los Aceites Lubricantes

Como se señalaba en el punto 2.6.1 existen distintas entidades internacionales que clasifican los aceites de acuerdo a algún parámetro específico. Es así como en Estados Unidos la Society of Automotive Engineers (SAE); la International Standard Organization (ISO) y la American Gear Manufacturers Association (AGMA) clasifican a los lubricantes en función de su viscosidad. También el American Petroleum Institute (API) ha desarrollado un sistema de clasificación para los lubricantes en función del destinatario del aceite.

En los puntos siguientes se detallará la clasificación que han desarrollado las instituciones precedentemente señaladas.

a.- Clasificación SAE: Las unidades SAE (Society of Automotive Engineers) se caracterizan porque cada número incluye muchos aceites dentro de un rango de viscosidad amplio. El personal de planta podría tener una mejor comprensión de la viscosidad si ésta se indicara en grados SUS y SAE.

SAE clasifica los aceites de tipo automotor con un número que aparece al final del nombre del aceite y cuyo único significado es que a medida que este número es mayor la viscosidad del aceite también lo es. Dentro de esta clasificación se encuentran los aceites para lubricación del motor de combustión de interna tanto Diesel como a gasolina, caja, transmisión y sistema hidráulico. A su vez los aceites para el motor de combustión interna se subdividen en monogrados y multigrados y se emplean uno u otro dependiendo de las recomendaciones del fabricante del motor de combustión interna, de las

condiciones climatológicas ó de programas tendientes a reducir el desgaste de los diferentes componentes del motor de combustión interna.

Los Aceites Monogrados se caracterizan porque solo especifican un solo grado de viscosidad y poseen un Indice de Viscosidad menor de 95, lo cual puede dificultar un poco el arranque en frío cuando se tienen bajas temperaturas ambiente (menores de 5°C); en este caso, si se utilizan aceites unigrados deben ir acompañados de la letra W (Winter: invierno), estos aceites se caracterizan porque su viscosidad se incrementa muy poco con las bajas temperaturas ambiente.

En cambio los Aceites Multigrados se caracterizan porque poseen un Indice de Viscosidad mayor de 120, lo cual permite que el aceite pueda ser recomendado para cubrir varios grados SAE de viscosidad; así por ejemplo si se tiene un aceite como el SAE 20W40 significa que a bajas temperaturas (mayores de -15°C) el aceite se comportará como un aceite de baja viscosidad SAE 20W y a altas (mayores de 100°C) como un aceite de alta viscosidad SAE 40.

Cuadro N°1 Definición grados SAE de viscosidad para aceites de motor [11]

GRADO SAE	VISCOCIDAD MAXIMA Cp	TEMPERATURA °C	TEMPERATURA LIMITE DE BOMBEO °C	VISCOCIDAD Cst 100 °C	
				MINIMO	MÁXIMO
0 W	3250	-30	-35	3,8	-
5W	3500	-25	-30	3,8	-
10W	3500	-20	-25	4,1	-
15W	3500	-15	-20	5,6	-
20W	4500	-10	-15	5,6	-
25W	6000	-5	-10	9,3	-
20	-	-	-	5,6	9,3
30	-	-	-	9,3	12,5
40	-	-	-	12,5	16,3
50	-	-	-	16,3	21,3
60	-	-	-	21,9	26,1
W: Winter: Invierno					

b.- Clasificación ISO: Las unidades ISO (International Standard Organization), únicamente clasifica la viscosidad de los aceites industriales. Además 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.

c.- Clasificación AGMA: Graduación de la viscosidad del aceite para engranajes (ver Cuadro N°2) análogo a la clasificación SAE del aceite para motor.

Cuadro N°2 Especificación standard AGMA [11]

AGMA	RANGO DE VISCOSIDAD		AGMA
N°	SUS	Centistokes	N°
1	180-240 @ 100°F	36.6-51.7 @ 38°C	-----
2	280-360 @ 100°F	60.4-77.7 @ 38°C	2 EP **
3	490-700 @ 100°F	105.7-151 @ 38°C	3 EP
4	700-1000 @ 100°F	151 - 216 @ 38°C	4 EP
5	80-105 @ 210°F	15.5-21.5 @ 99°C	5 EP
6	105-125 @ 210°F	21.5-26.1 @ 99°C	6 EP
7 COMP. *	125-150 @ 210°F	26.1-31.7 @ 99°C	7 EP
8 COMP.	150-190 @ 210°F	31.7-40.5 @ 99°C	8 EP
8A COMP.	190-250 @ 210°F	40.5-53.5 @ 99°C	8AEP
* Comp. Significa compuesto con 8 a 10% de aceites grasos o sintéticos para brindar Mayor lubricidad en casos donde el deslizamiento es extremo			
** "EP" significa extreme pressure (presión extrema).			

d.- Clasificación API: Para establecer un sistema de clasificación según la calidad, la API (American Petroleum Institute) ha diseñado una nomenclatura según el tipo de motor al que se le va a aplicar el lubricante. De esta forma, para motores a gasolina se estableció la letra "S" de Spark (chispa en inglés) para relacionar con el principio de ignición por chispa que se utiliza en este tipo de motores, seguida de las letras "A" hasta la "L" para representar la evolución en orden alfabético de los grados de clasificación que se han desarrollado en forma sucesiva, siendo mayores los requerimientos por calidad a medida que progresa la letra del alfabeto. En la siguiente tabla, se puede apreciar la evolución de la clasificación API de los aceites para motores a gasolina.

Cuadro N°3 Clasificación de servicio API para Motores de Gasolina [11]

SISTEMA DE CLASIFICACION PARA ACEITES DE MOTOR		
"S" SPARK: COMBUSTION POR CHISPA		Periodo de validez
SA	<i>Antigüedad para servicios de motores a gasolina Diesel</i>	-1950
SB	<i>Para servicio en motores a gasolina de trabajo ligero</i>	1950-1960
SC	<i>Para servicio de mantenimiento por garantía en motores a gasolina modelo 1968</i>	1960-1964
SD	<i>Para servicio de mantenimiento por garantía en motores a gasolina modelo 1970</i>	1965-1970
SE	<i>Para servicio de mantenimiento por garantía en motores a gasolina modelo 1972</i>	1971-1980
SF	<i>Para servicio de mantenimiento por garantía en motores de gasolina modelo 1980</i>	1981-1987
SG	<i>Para servicio de mantenimiento por garantía en motores de gasolina modelo 1989</i>	1988-1992
SH	<i>Para servicio de mantenimiento por garantía en motores a gasolina modelo 1993</i>	1993-1996
SJ	<i>Para servicio de mantenimiento por garantía en motores a gasolina modelo 1996</i>	1997-2000
SL*	<i>Para servicio de mantenimiento por garantía en motores a gasolina modelo 2001</i>	2001-

* En tanto no exista una categoría de servicio superior a la SL, se recomienda el uso de ésta para motores de vehículos último modelo y años anteriores.

En cuanto a los aceites para motores diesel, la nomenclatura utiliza la letra "C" de la palabra inglesa Compression por tratarse de aceites para motores cuyo principio de ignición es por compresión y una letra en serie alfabética que representa la evolución del nivel de calidad. Esta evolución se expone en el siguiente cuadro:

Cuadro N°4 Clasificación de servicio API para Motores Diesel [11]

SISTEMA DE CLASIFICACION PARA ACEITES DE MOTOR		
"C" COMBUSTION POR COMPRESION		Periodo de validez
CA	<i>Para servicio de motores diesel de trabajo ligero, combustible de alta calidad</i>	-1950
CB	<i>Para servicio de motores diesel de trabajo ligero, combustible de baja calidad</i>	1950-1952
CC	<i>Para servicio de motores diesel y gasolina</i>	1952-1954
CD	<i>Para servicio de motores diesel</i>	1955-1987
CD II	<i>Para servicio de motores diesel de 2 tiempos</i>	1955-1987
CE	<i>Para servicio de motores diesel de trabajo pesado</i>	1987-1992
CF-4	<i>Para servicio en motores diesel de trabajo pesado de 4 tiempos</i>	1992-1994
CF	<i>Para servicio típico de motores diesel de 4 tiempos de inyección</i>	1992-1994
CF-2	<i>Para servicio de motores diesel de 2 tiempos</i>	1992-1994
CG-4	<i>Para servicio de motores diesel 4 tiempos de alta velocidad</i>	1995-2000
CH-4	<i>Para servicio de motores diesel 4 tiempos de alta velocidad</i>	2001-2002
CI-4	<i>Para servicio de motores diesel 4 tiempos de inyección de alta velocidad</i>	2002-

API clasifica sus aceites para engranajes con las letras GL (Gear lubricant:) que son aceites para transmisión y diferenciales el cuadro N°5 muestra dicha clasificación.

Cuadro N°5 Clasificación de servicio API para engranajes [11]

CLASIFICACION	TIPO	APLICACIÓN
GL-1	<i>Aceite mineral puro</i>	<i>Transmisión de camiones</i>
GL-2	<i>Contiene materiales grasos</i>	<i>Transmisiones sin fin, aceite para engranajes industriales</i>
GL-3	<i>Contiene aditivos EP moderados</i>	<i>Transmisiones en general y con engranajes cónicos en espiral</i>
GL-4	<i>Equivalente a la especificación MIL-L-2105(OBSOL)</i>	<i>Transmisiones: engranajes cónicos en espiral e hipoidales de servicio moderado</i>
GL-5	<i>Equivalente a la especificación presente MIL-L-2105C/D</i>	<i>Uso en engranajes hipoidales de servicio moderado y severo y otros tipos de engranajes</i>
PG-1	<i>Limpieza a alta temperatura y estabilidad a la oxidación. Control de desgaste y compatibilidad con los sellos de aceite y aleaciones de cobre</i>	<i>Camiones de trabajo pesado y transmisiones manuales de buses</i>
PG-2	<i>Propiedades de alta temperatura y compatibilidad con sellos de aceite</i>	<i>Diferenciales e camiones de trabajo pesado y buses que utilizan engranes cónicos en espiral e hipoidales</i>
G: GEAR: ENGRANAJES L: LUBRICANT: LUBRICANTE		

2.6.3 Aditivos

Los aditivos, como su nombre lo indica, corresponden a sustancias químicas que agregadas al aceite base, logran por una parte mejorar las especificaciones técnicas de los lubricantes, y por otra conferirle propiedades que refuerzan a las existentes y también en algunos casos estabilizar otras propiedades. Además reducen los cambios indeseables en el lubricante. En resumen los aditivos que son incorporados a los aceites mejoran la calidad técnica de los lubricantes.

Existen de dos tipos de aditivos, los químicamente inertes y los químicamente activos. En promedio los aditivos constituyen un 5% a 20% del lubricante.

A un aceite comercial no deberán agregarse aditivos extras. Los productos químicos que componen los aditivos compiten unos con otros por espacio sobre las superficies en movimiento, y dentro del aceite mismo. Los aditivos extras pueden destruir el equilibrio del conjunto, resultando un aceite con más aditivos, pero que brinda un rendimiento más pobre que el original.

En general, los aditivos proveen las cualidades necesarias a un aceite, pero interfieren con el proceso mismo de lubricación de las partes móviles.

Menor cantidad de aditivos junto con una base superior dará una lubricación más efectiva que más aditivos en una base mediocre. Algunos aditivos pueden reaccionar químicamente con las partes internas de ciertas piezas del equipo.

En la actualidad existen una infinidad de aditivos para mejorar las características de los Aceites, estos se pueden clasificar de la siguiente manera:

a.- Mejorador del IV (índice de viscosidad): Los mejoradores del índice de viscosidad, son una clase de aditivos que mejoran las características de la relación viscosidad-temperatura del lubricante. Esta modificación de las propiedades reológicas resultan en un incremento de la viscosidad a todas las temperaturas. El incremento en la viscosidad es más pronunciado a altas temperaturas, lo cual mejora sensiblemente el índice de viscosidad del lubricante. Esto se manifiesta por un decrecimiento en la pendiente de la curva viscosidad temperatura (ver anexo B).

b.- Aditivos EP (Presión extrema): Reacciona con la superficie de metal asegurando una película de lubricante para hacer frente a cargas aún mayores, que las que permiten los aditivos que operan sobre la resistencia de la película fluida.

c.- Aditivos antiespuma: Promueven el más rápido rompimiento de las burbujas de espuma por debilitamiento de las películas de aceite entre estas mismas burbujas. La espuma es causada por agitación del aceite y atrapamiento de aire.

d.- Aditivos inhibidores de oxidación: Interrumpen la reacción en cadena de oxidación para evitar o desacelerar el rompimiento de la molécula de aceite asociado con el ataque del oxígeno. Entre los antioxidantes más conocidos se encuentran los de tipo fenólicos y los ditiofosfatos de zinc, estos no solo inhiben la oxidación sino que también forman una capa protectora sobre la superficie de los elementos de máquina haciéndoles impenetrables al ataque de los ácidos.

e.- Aditivos reductores de fricción o antidesgaste: Forman una película que se adhiere fuertemente a las superficies del metal. Reducen el contacto metal con metal, disminuyendo así el desgaste y la fricción.

El contacto metal con metal puede ser prevenido adicionando compuestos formadores de capas que protejan la superficie, bien por absorción física o por reacción química. Los ditiofosfatos de zinc se usan ampliamente para este propósito. Otros aditivos contienen fósforo, azufre, o combinaciones de estos elementos. El desgaste por corrosión se puede prevenir usando aditivos alcalinos tales como fenatos básicos y sulfonatos.

f.- Aditivos detergentes: Se utilizan en los lubricantes ya que existe una variedad de efectos que tienden a causar el deterioro del aceite, además de la formación de depósitos nocivos. El detergente previene o reduce la cantidad de depósitos formados bajo condiciones de temperaturas elevadas.

Los aditivos detergentes mantienen partículas potenciales de lodo en suspensión, para evitar que se asienten y formen depósitos en el equipo. Además los detergentes pueden reducir la corrosión de los cojinetes neutralizando los ácidos corrosivos.

g.- Aditivos antióxido: El aditivo cubre las superficies de metal. Desplaza el agua, protegiendo como una fina película al metal, de la acción del líquido.

h.- Aditivos demulsificantes: Habilita al agua para escurrirse en gotas con más facilidad, mientras mejor sea la demulsibilidad del lubricante mas rápidamente se separará del agua cuando ambos se encuentren mezclados.

i. Aditivos depresores del Punto de Fluencia: Los depresores del punto de fluencia previenen la congelación del aceite a bajas temperaturas. Este fenómeno se asocia con la cristalización de las ceras de parafina que están presentes en las fracciones de aceite mineral. Para lograr bajos puntos de fluencia, las refinerías eliminan los constituyentes que contienen ceras, los cuales solidifican a temperaturas relativamente altas, mediante un proceso conocido como descerado. El descerado completo podría reducir el rendimiento del aceite a un nivel no económico. Por lo tanto el proceso de descerado se mejora usando aditivos que bajan el punto de fluencia del aceite.

2.7 Lubricantes semisólidos

2.7.1 Introducción

Los lubricantes semisólidos comúnmente denominadas grasas lubricantes corresponden a una mezcla de un aceite básico con sus correspondientes aditivos y una sustancia química denominada jabón que cumple la función básica de espesante.

En promedio la mezcla que compone la grasa lubricante, está conformada en un 90% por el lubricante (aceite base mas aditivos) y por un 10% de espesante. El aceite base lubrica y el espesante mantiene unido al lubricante.

La mayoría de las grasas están elaboradas en base a aceites minerales de petróleo, espesadas con jabón, pudiendo ser este último un jabón de calcio (grasa con base de cal) o de sodio (grasa con base de soda). Existen otras grasas de base mixta, incorporando a la vez jabones de calcio y de sodio, otras son de bases sintéticas.

Existen grasas desarrolladas con base primaria de bario o estroncio, así como los productos con base de jabón de aluminio y de plomo, diseñados para servicios mas especializados, en donde se requiere buena resistencia al agua y durabilidad a alta temperatura de hasta 140°C.

2.7.2 Especificaciones Técnicas

Las especificaciones técnicas de una grasa lubricante están dadas en función de las propiedades de las grasas lubricantes siendo estas las siguientes:

a.- Aceite base: Corresponde al componente más importante de la grasa, define su viscosidad y las propiedades físico-químicas.

b.- Consistencia: Corresponde al grado de rigidez que presenta una grasa. La NLGI las clasifica por grados, según una prueba normalizada. Esta prueba mide el grado hasta el cual la grasa lubricante resiste deformación bajo la aplicación

de una fuerza mediante un método estándar. La prueba consiste en una serie de penetraciones (60) de un cono normalizado con la grasa “no trabajada” esto significa que no es sometida a ningún batido, y luego con la grasa “trabajada” esto se refiere a que la grasa es sometida a 60 carreras dobles en el émbolo de un pistón en un trabajador de grasa patrón. La consistencia de los lubricantes semisólidos, conceptualmente podría homologarse a la viscosidad en los lubricantes líquidos.

c.- Espesantes: Los espesantes son los encargados de conferirle a la grasa la consistencia requerida, los tipos de espesantes pueden ser jabones o no jabones y estos además poseen una subclasificación. Los espesantes tipo jabones pueden ser simples o complejos y los no jabones orgánicos o inorgánicos.

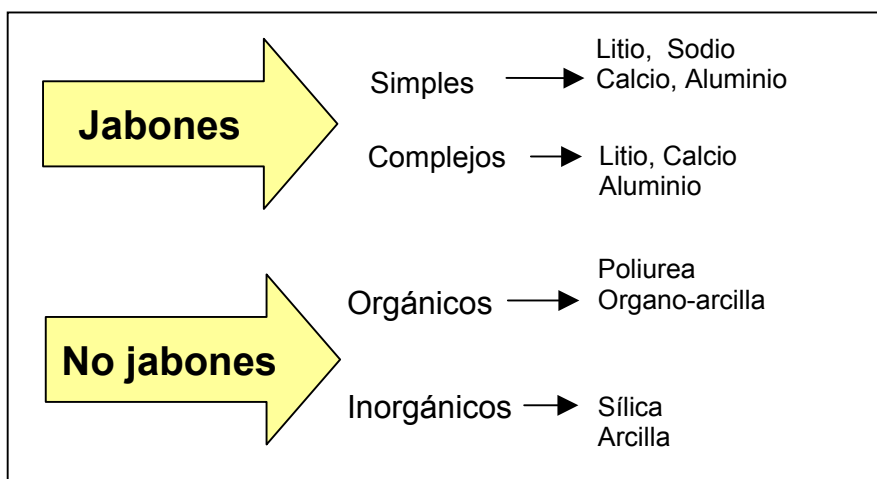


Figura N°7 Tipos de espesantes de las grasas

d.- Punto de goteo: Si una grasa es calentada, esta se ablanda, La temperatura a la cual se le genera la primera gota, se denomina punto de goteo. En procesos en los cuales se trabaje a temperaturas relativamente altas, el punto de goteo debe ser un factor a considerar al momento de la selección de una grasa

e.- Estabilidad mecánica: Corresponde a la capacidad de las grasas lubricantes a resistir cambios en su consistencia durante su trabajo mecánico.

2.7.3 Aditivos en lubricantes semisólidos

Los aditivos empleados en las grasas lubricantes también cumplen un factor fundamental en las características físico químicas que tendrá una grasa. Los aditivos más utilizados en la elaboración de las grasas son:

a.- Aditivos espesantes: Se utilizan para aumentar la adhesividad de las grasas a las superficies metálicas, con el fin de evitar que sean desplazadas con facilidad y retienen, además, los fluidos por absorción. Los más utilizados son los jabones metálicos y los polibutilenos.

b.- Estabilizadores: Permiten trabajar las grasas a temperaturas más altas durante un mayor tiempo. Se utilizan principalmente los ésteres de ácidos grasos.

c.- Mejoradores del punto de goteo: Aumentan la temperatura del punto de goteo permitiendo que la temperatura máxima de trabajo se incremente sin que la grasa se escurra o descomponga. Se utilizan los jabones grasos.

d.- Aditivos antidesgaste: Reducen el desgaste de las superficies al evitar el contacto directo entre ellas. El más utilizado es el bisulfuro de dibensilo.

e.- Inhibidor de la corrosión: Suspende la corrosión de las superficies metálicas si ésta ya se ha originado o la evita en caso de que, debido a las condiciones ambientales, se pueda presentar. Se utilizan el sulfonato de amoníaco y el dionil naftaleno.

f.- Desactivador metálico: Impide efectos catalíticos en los metales con el fin de que las partículas que se han desprendido durante el movimiento de las superficies metálicas no se adhieran a éstas y ocasionen un gran desgaste.

g.- Inhibidor de la oxidación: Impide la oxidación y descomposición de la grasa. Se usa el fenil-beta-naftilamino.

h.- Materiales de relleno: Aumenta el volumen de la grasa, característica requerida para obtener una mejor distribución y aprovechamiento de la misma. Se utilizan los óxidos metálicos.

i.- Aditivos de extrema presión (EP): Reducen la fricción permitiendo que la película lubricante soporte mayores cargas y las superficies se deslicen más fácilmente. Se utilizan las ceras clorinadas y los naftenatos de plomo.

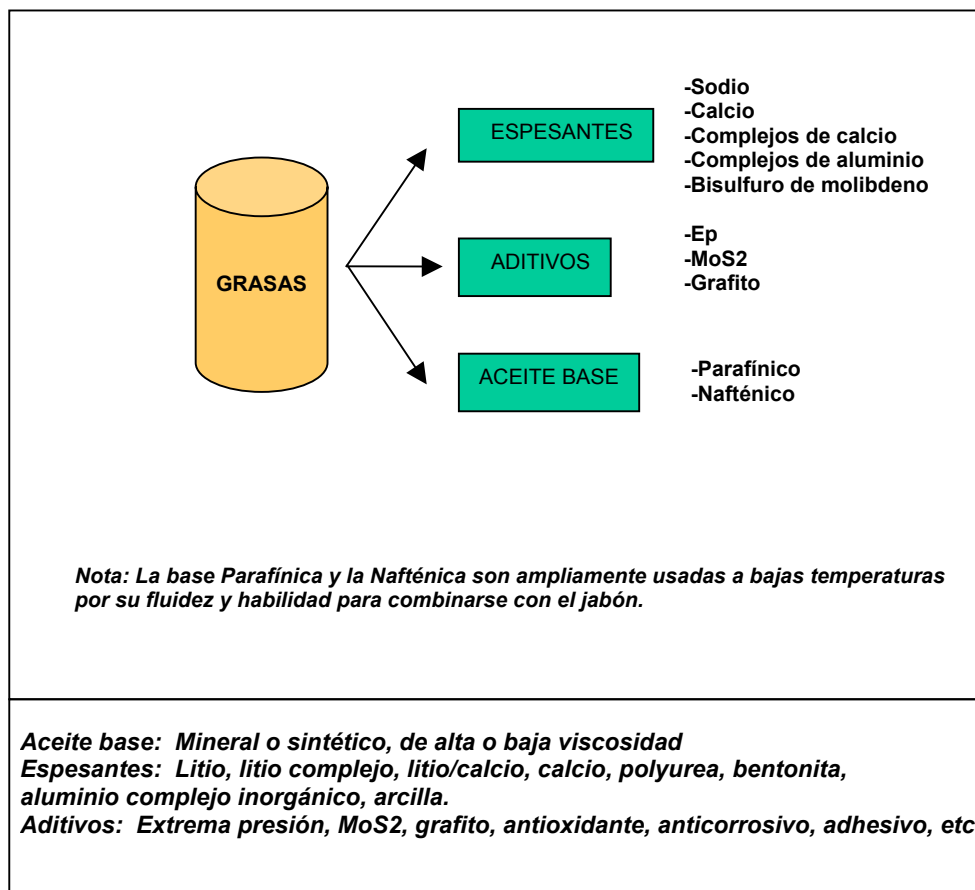


Figura N°8 Conformación de las grasas [10]

2.7.4 Clasificación de los Lubricantes semisólidos

La entidad encargada de clasificar los lubricante semisólidos es la National Lubricating Grease Institute (NLGI), esta clasifica las grasas según su densidad, este tipo de lubricantes varían su consistencia desde las semifluidas (NLGI N°000), apenas mas consistentes que un aceite viscoso, hasta los grados sólidos, casi tan duros como una madera blanda (NLGI N°6). El contenido de jabón de una grasa se incrementa en 2 a 3% con cada aumento de grado.

Cuadro N°6 Clasificación NLGI para Grasas Lubricantes [11]

Clasificación de la Consistencia de Grasas	
Instituto Nacional de Grasas Lubricantes (NLGI)	
Normas Norteamericanas de Clasificación de Grasas Lubricantes	
Grados	Penetración Producida 60 Golpes @ 77°F (25°C) en dmm
<i>NLGI N° 000 (Semifluida)</i>	<i>445 a 475</i>
<i>NLGI N° 00 (Semifluida)</i>	<i>400 a 430</i>
<i>NLGI N° 0 (Blanda)</i>	<i>355 a 385</i>
<i>NLGI N° 1 (Blanda)</i>	<i>310 a 340</i>
<i>NLGI N° 2 (Normal)</i>	<i>265 a 295</i>
<i>NLGI N° 3 (Normal)</i>	<i>220 a 250</i>
<i>NLGI N° 4 (Dura)</i>	<i>175 a 205</i>
<i>NLGI N° 5 (Muy dura)</i>	<i>130 a 160</i>
<i>NLGI N° 6 (En bloque)</i>	<i>85 a 115</i>

CAPITULO 3

Gestión en el Proceso de Lubricación

3.1 Introducción

Como se ha señalado, la lubricación corresponde a uno de los factores más importantes en la industria, toda vez que con ello se garantiza que las máquinas trabajen en condiciones óptimas, lo que garantiza desde ese punto de vista, una producción eficaz y eficiente.

La lubricación de un equipo, como actividad, involucra varios aspectos, como ser, la selección del lubricante adecuado, la incorporación o aplicación del lubricante en los puntos y cantidades requeridas, con una determinada frecuencia, además de lo concerniente a la manipulación y almacenamiento de los lubricantes.

La selección del lubricante adecuado es un tema de primera importancia tanto desde la óptica técnica como de la económica. Esta situación adquiere especial relevancia, en la medida que la oferta de lubricantes industriales se ha incrementado y la globalización de las economías, obligan a las industrias a ser cada vez más eficientes, lo que conlleva permanentemente a estar demandando la optimización de sus procesos y en ese aspecto la cobra relevancia la gestión en el proceso de lubricación.

En términos prácticos en la industria se pueden presentar tres situaciones en el proceso de lubricación, siendo estas las siguientes:

a.- Lubricar equipos con lubricantes conocidos. Este corresponde al proceso mas simple, toda vez que se debe rellenar o cambiar los aceites o grasas que son conocidos.

Si bien es cierto este es un proceso simple y reiterativo, debe existir la visión, que lo que un día era lo óptimo, posteriormente puede quedar obsoleto, sobretodo en la medida que cada día se están ofreciendo en el mercado lubricantes con mayor performance.

b.- Reemplazar un lubricante determinado. Se trata en este caso de reemplazar un lubricante de especificaciones técnicas conocidas, por otro que cumpla de igual o mejor forma los requerimientos tecnológicos del proceso.

Esta situación puede obedecer a múltiples factores como ser, mejores alternativas en las especificaciones técnicas del lubricante, asistencia técnica del proveedor, unificación de marcas, condiciones comerciales, etc.

c.- Selección de un nuevo lubricante. Esta alternativa supone que se debe seleccionar para un determinado equipo, un lubricante, en el que se desconoce que se estaba utilizando anteriormente.

Esta situación se presenta permanentemente en la industria, sobre todo en equipos antiguos, en los cuales no se dispone de catálogos o información técnica, y en donde los especialistas de mantenimiento no conservan o no poseen registros de sus actividades específicamente de lubricación.

3.2 Factores que influyen en la elección de un lubricante.

Siempre que se selecciona lubricante para un equipo, se debe tener presente que se tiene que utilizar un lubricante de especificación ISO en caso de aceites, o NLGI en el caso de la grasa, y que cualquier recomendación que se dé, se debe homologar a estos sistemas, ello se realiza con el fin de que el personal tenga una mejor comprensión de los lubricantes que se están utilizando en planta.

Son múltiples los factores que deben tenerse en consideración al momento de seleccionar el lubricante para un equipo industrial, entre los cuales se pueden mencionar los que a continuación se detallan:

- **Empleo o uso de catálogos del fabricante del equipo.** Las recomendaciones del lubricante a utilizar que entrega el fabricante del equipo es la información mas relevante a la hora de seleccionar el lubricante. No obstante, que siempre debe tenerse presente, que las recomendaciones que efectúan los fabricantes, las hacen considerando condiciones normales de operación del equipo o máquina, por lo tanto, para casos especiales en los cuales se trabaje bajo condiciones extremas se debe, en lo posible, consultar al fabricante sobre si mantiene sus sugerencias iniciales.

- **Solicitar la asesoría de especialistas.** En algunos casos cuando la información del fabricante no existe o es insuficiente y en la empresa no se

cuenta con personal técnico con experticia en el tema de la lubricación, se debe recurrir a especialistas externos. Al respecto en este punto, se investigó respecto a las principales empresas del país que prestan estos servicios, de tal forma que en el anexo E se detalla la información obtenida.

- **Uniformidad de marcas.** Se debe tratar en lo posible de unificar las marcas de los lubricantes, tanto de fabricantes como de tipo de lubricante, esto con la idea de evitar la diversidad de aceites y grasa, que conllevan una serie de situaciones que tienden a encarecer los procesos y lo que es más importante aumentan los riesgos de contaminación en la manipulación y almacenaje, además que demanda más espacios físicos. También desde el punto de vista económico es más ventajoso, por la economía de escala que puede hacerse.

- **Condiciones de operación de los equipos.** Resulta de primera importancia en la selección de un lubricante, tomar en cuenta bajo qué condiciones de operación trabajará la máquina y por ende el lubricante, en este sentido se deben evaluar factores específicos como ser: temperatura, carga, contaminación ambiental, etc.

Las condiciones de operación también son importantes al momento de tener que decidir entre lubricar con aceite o grasa ya que cada tipo de lubricante tiene sus ventajas y desventajas. La decisión depende del diseño de los descansos, de las condiciones de operación, del tipo de máquina que debe lubricarse.

Como se mencionó con anterioridad se puede utilizar tanto grasa como aceite para lubricar un elemento o un equipo, ninguno absolutamente mejor que otro. Tanto la grasa como el aceite tienen sus ventajas y desventajas entre las ventajas de los aceites se puede mencionar:

- Es más fácil de purgar y rellenar. Esto constituye una gran ventaja cuando es necesario lubricar frecuentemente debido a las necesidades del servicio.
- Es más fácil controlar la correcta cantidad del lubricante.
- Se adapta más fácilmente a todas las partes de la máquina.
- Se puede utilizar en un rango mayor de temperaturas y velocidades, especialmente cuando las temperaturas están bajo los 0°C y sobre los 93°C.

- Ofrecen un mayor rango de viscosidades para elegir de acuerdo con las velocidades y las cargas.

Por otro lado las grasas también poseen características que son deseables al momento de seleccionar un lubricante:

- Es más efectiva cuando se opera con velocidades bajas y grandes cargas.
- Permite un escape menor de lubricante, lo que es especialmente útil en algunas industrias en las que el producto final debe ser limpio.
- Sella mejor, previniendo contra la entrada de partículas extrañas o agua.
- Disminuye la frecuencia de la lubricación, por lo que se emplea especialmente en aquellos puntos difíciles de lubricar.
- Es más fácil mantenerlas en las cajas de lubricación por su consistencia plástica.
- Se necesita menor cantidad de lubricante que cuando se usa aceite (esto se observa especialmente en los rodamientos)

- **Factores varios.** Además de los factores indicados precedentemente, existen otros, que también son importantes y por ende deben tomarse en cuenta al momento de seleccionar un lubricante, siendo estos, velocidad de operación, tipo de roce, naturaleza de los materiales a lubricar, condiciones de las superficies, métodos de aplicación del lubricante.

3.3 Propiedades del Lubricante

Con el fin de conocer mejor los tipos de lubricantes que se pueden utilizar, es importante que el Profesional o Personal encargado, tenga la información acerca de las especificaciones técnicas de los productos, independiente de la nomenclatura comercial. El beneficio mas importante de esta información es que constituye la base para racionalizar su utilización. Esto significa que se tendrá menos tipos de aceites en la planta, lo que contribuirá a reducir residuos. Asimismo, si el personal está informado de las propiedades de los aceites utilizados, será capaz de emplear el adecuado en caso de emergencia, por ejemplo, cuando se agota una clase y es preciso utilizar otra y la máquina es crítica en el proceso productivo.

3.4 Método de selección de Lubricante para Elementos de Máquina

3.4.1 Introducción

En esta sección se darán a conocer algunos parámetros y técnicas para la selección de lubricantes de los elementos de máquina más comunes en la Industria, tales como cadenas, cojinetes y engranajes.

En esta parte es importante mencionar que la selección de lubricantes no es una tarea fácil, pues tiene mucho de prueba y ensayo, esto quiere decir que se selecciona un lubricante y este puede que no de los resultados esperados, por lo que se debe seleccionar otro, tomando en cuenta las consideraciones que se obtuvieron al utilizar el lubricante anteriormente seleccionado. Con la experiencia cada vez se hace más sencilla la selección del medio de lubricación adecuado.

En esta sección se entregan métodos para realizar la elección, mediante estos se puede ir probando hasta seleccionar el lubricante ideal, pero si la aplicación es muy específica, en términos que el lubricante estará sometido a cargas y temperaturas fuera de las normales, se sugiere recurrir a los propio proveedores de lubricantes quienes normalmente poseen un Departamento Técnico e ingenieros consultores que pueden sugerir en base a su expertez mejores soluciones. Otra alternativa, si se quiere mayor independencia de una marca, es la de solicitar a empresas dedicadas a la asesorías el rubro de la lubricación, la solución del problema, esta última alternativa normalmente tiene un costo mayor para la empresa solicitante del servicio.

Se detalla a continuación soluciones específicas para los siguientes elementos de máquinas que se indican.

3.4.2 Método de Reemplazo de un lubricante determinado

3.4.2.1 Selección del lubricante para Cadenas

Los principales factores que influyen en la selección del lubricante para cadenas son la carga transmitida y la velocidad. La selección también se puede

realizar basándose en la temperatura de trabajo u otros parámetros [6]. El lubricante adecuado para esta aplicación debe cumplir ciertas características:

- Baja viscosidad, permitiendo que fluya hacia superficies interiores de la cadena.
- Capacidad de mantener una película bajo las presiones de los cojinetes lisos que conforman la cadena.
- Ausencia de elementos que causen corrosión
- Capacidad de mantener las características bajo condiciones de trabajo con temperatura, polvo, humedad, etc.

La vida útil de la cadena depende en gran medida de la lubricación de esta y el método de lubricación. Algunos de los lubricantes recomendados para cadenas son los que aparecen en el cuadro N°1. Es conveniente mencionar que las cadenas requieren que los lubricantes se adhieran a sus elementos para no ser expulsado por la acción de su movimiento. En el cuadro N°1 se relaciona el paso de la cadena con la velocidad del piñón motor y la viscosidad del aceite en número ISO [6]. La grasa para este tipo de aplicaciones esta casi descartada, excepto por algunas aplicaciones muy específicas.

Cuadro N° 1 Selección de aceites para cadenas [6]

PASO CADENA		VELOCIDAD NORMAL MAX. DEL PIÑON	VISCOSIDAD	TEMPERATURA
mm	Plg.	R.P.M.	ISO	°C
9,525	3/8	5000	46	-6 a 4
12,7	1/2	3750	46	-6 a 4
15,875	5/8	2750	46	-6 a 4
19,05	3/4	2000	68-100	4 a 40
25,4	1	1500	68-100	4 a 40
31,75	1 1/4	1200	100	4 a 40
38,1	1 1/2	900	100	40 a 50
44,45	1 3/4	700	150	40 a 50
50,8	2	550	150	40 a 50
63,5	2 1/4	450	150	50

En cuanto a la aplicación del lubricante de cadena existen varias formas de aplicación; como la lubricación manual que se realiza generalmente con una brocha, lubricación por goteo, y lubricación por baño en donde se dispone un

recipiente lleno de aceite y la parte baja de la cadena debe transitar por este conducto para ser lubricada constantemente.

Un ejemplo común en la selección de lubricante para cadenas es el siguiente; se tiene una cadena con un paso de 1/2" cuya velocidad del piñón es de 1400 RPM. y su temperatura de trabajo varía de 4 a 38°C.

Si se observa el cuadro N°1 se puede apreciar que en la quinta fila se encuentra el rango más cercano a la velocidad (1500RPM), también corresponde aproximadamente la temperatura de trabajo (4 a 40°C) a este le corresponde un número ISO de 68 o 100, lo que no coincide es el rango del paso de la cadena que se encuentra en la segunda fila (1/2"), el primer parámetro a tomar en cuenta en este caso es la velocidad del piñón, luego la temperatura de trabajo y finalmente el paso de la cadena, basándose en esto, seleccionamos un aceite ISO N°68 o 100, ahora como nuestra cadena tiene un paso de 1/2" y a este le corresponde un ISO N°46, se seleccionará el N°68 ya que es el número menor (mas cercano al ISO N°46) de los dos escogidos en base a la velocidad del piñón motriz.

3.4.2.2 Método de Selección de lubricante para Cojinetes

Existen varios parámetros que se utilizan para la selección del lubricante de un cojinete de cualquier tipo que este sea, esto varia dependiendo del fabricante ya que en sus catálogos se encuentran algunos lineamientos generales con respecto a la lubricación de sus productos.

Generalmente se recomiendan aceites de alta calidad con inhibidores de herrumbre y oxidación (R & O), especialmente cuando las condiciones de altas temperaturas pueden oxidar el aceite y llevar a la formación de contaminantes, en el caso de la grasa esta se elige en ocasiones en donde el cojinete trabaja a bajas velocidades y en áreas en donde es poco probable que reciban atención.

Para seleccionar la viscosidad adecuada del lubricante de un cojinete se utiliza la figura N°1 la cual relaciona el diámetro del eje, la velocidad y la temperatura de trabajo [6]. Con estos antecedentes se puede obtener una viscosidad con la cual se seleccionará el lubricante adecuado.

$$\text{Factor dn} = \text{Diámetro del eje en mm} * \text{RPM}$$

(3.1)

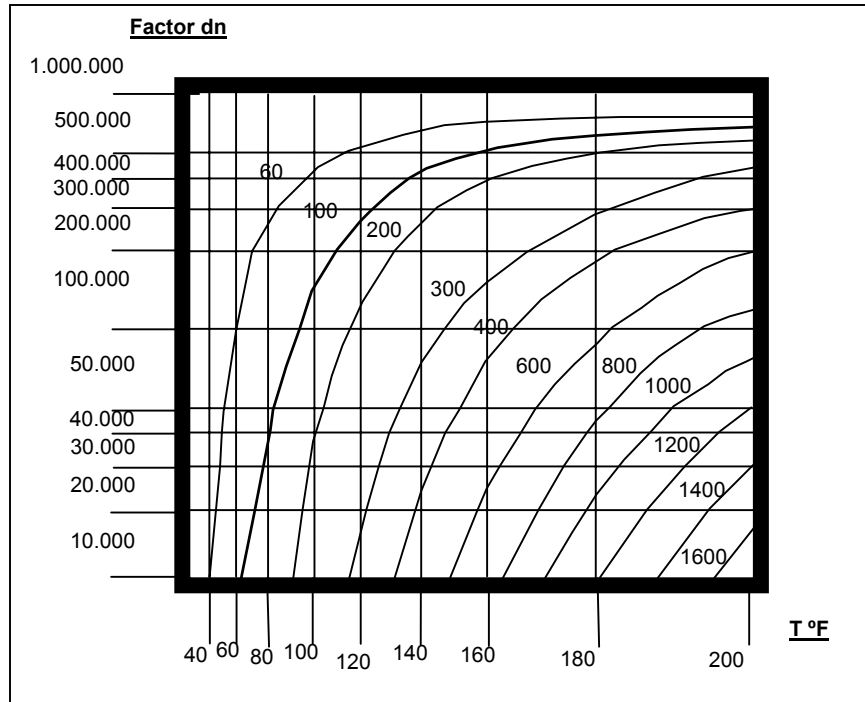


Figura N°1 Gráfico T v/s dn [6]

Si se supone un rodamiento con diámetro de eje de 80mm girando a 200RPM y a una temperatura de trabajo de 90°C, la viscosidad correcta será:

$$\text{Factor dn} = 80 * 200 = 16000 \text{ (de 3.1)}$$

En el gráfico se toma la línea horizontal de los 16000 hasta el punto de intersección con los 90°C transformados a grados Fahrenheit esto sería 194°F, este punto se encuentra entre las curvas de viscosidad 1400 y 1600 SSU, aproximadamente 1500 SSU equivalente a un grado ISO N°320 (ver anexo A).

Con este método se selecciona el aceite ISO N°320 que tenga además inhibidores e herrumbre y oxidación (R & O), estas características son deseables en los lubricantes de cojinetes.

En caso de que la carga no se conozca es recomendable utilizar un aceite por lo menos que tenga la siguiente viscosidad de la que se obtiene con la temperatura (procedimiento antes efectuado), en este caso específico sería un ISO N°460, N°460EP o N°460C dependiendo de la aplicación.

En el caso de que se requiera utilizar grasa es importante elegir la más blanda, podría ser una de grado NGLI1 (la mas utilizada en la industria para esta aplicación) y así probar hasta la NGL3 (estas son las que se utilizan comúnmente en la lubricación de cojinetes), además se debe tener en cuenta que estas deben estar compuestas por una base jabonosa de alto grado y un aceite refinado libre de ácidos [6].

3.4.2.3 Método de Selección de Lubricante para Engranajes

Los lubricantes a elegir para engranajes deben poseer ciertas características como por ejemplo; deben ser neutrales en su corrosión, contener propiedades antiespumantes, no deben contener partículas sólidas abrasivas, no deben precipitar sedimentos ni separarse a temperaturas de menos de 150°C, además de tener cualidades de resistencia a la humedad [6].

Si el elemento opera a elevadas temperaturas será necesaria una buena resistencia a la oxidación y para bajas temperaturas se necesitara un aceite con un bajo punto de congelación. Cuando las condiciones de temperatura varían en un rango amplio será necesario un lubricante con alto Índice de Viscosidad [7]. Para mecanismos sometidos a choques o grandes cargas se debe utilizar lubricantes de extrema presión (EP), la viscosidad de estos deberá ser semejante a la de los lubricantes. Además la selección del lubricante dependerá también del método de lubricación ya sea este por baño, manual, o por goteo.

En el cuadro N°2 se muestran algunos de los aditivos que deben poseer los aceites para engranajes.

Cuadro N°2 Aditivos necesarios para los lubricantes de engranajes [6]

ADITIVOS	TIPO DE ENGRANAJE		
	SINFIN	HIPOIDAL	OTROS
ANTIHERRUMBRE		X	X
ANTICORROSION	X	X	X
ANTIOXIDANTE			X
PARA BAJAR PTO. DE CONGELACIÓN	X	X	X
ANTIESPUMA	X	X	X
EP	X	X	
DE ADHERENCIA	X		

Cuadro N°3 Clasificación de viscosidad para lubricantes de engranajes [11]

ENGRANAJES CERRADOS		
GRADO ISO	cSt A 40°C	NÚMERO AGMA
46	41,4 - 50,6	1
68	61,2 - 47,8	2, 2EP
100	90 - 110	3, 3EP
150	135 - 165	4, 4EP
220	198 - 242	5, 5EP
320	288 - 352	6, 6EP
460	414 - 506	7 COMP, 7EP
680	612 - 748	8 COMP, 8EP
1000	900 - 1100	8A COMP, 8AEP
ENGRANAJES ABIERTOS		
GRADO ISO	cSt A 40°C	NÚMERO AGMA
1500	1350-1650	9, 9EP
-	2880-3520	10, 10EP
-	4140-5060	11, 11EP
-	6120-7480	12
-	25000-38400	13
COMPUESTOS RESIDUALES cSt 100°C		
-	428 - 857	14 R
-	587 - 1714	15 R
EP: EXTREMA PRESIÓN		
R: COMPUESTOS RESIDUALES		

En el caso de necesitar grasa para la lubricación de engranajes abiertos esta debe poseer propiedades adhesivas especiales para mantener el lubricante sobre la superficie y evitar daños por efecto del agua, humedad o polvo, el lubricante puede ser aplicado con brocha o espátula.

En el caso de los engranajes cerrados también debe poseer cualidades adhesivas en estos casos la grasa se mantiene dentro aun si la calidad de los sellos es mala, la aplicación del lubricante se hace por graseras con pistola manual o por las tapas de acceso [6].

3.4.3 Procedimiento para la selección de un nuevo lubricante

Este procedimiento se realiza en caso de que no se tenga información acerca del lubricante utilizado en el elemento o equipo.

a.- Elección de la fase del lubricante: El primer factor a tener en cuenta para la elección, es si el equipo debe utilizar grasa o aceite para su lubricación. Como ya se mencionó anteriormente, ambas alternativas pueden lubricar

satisfactoriamente un sistema o elemento, por ejemplo, generalmente los rodamientos se lubrican con grasa ya que no reciben mucha mantención de parte del personal o están ubicados en sectores de difícil acceso, en estos casos se utiliza lubricante semisólido para su lubricación ya que esta se adhiere a los elementos constituyentes del rodamiento manteniéndolo lubricado sin problemas por periodos de tiempo prolongados. Por otro lado se tienen los reductores, estos se lubrican generalmente con aceite ya que debido a las cargas y velocidades se producen altas temperaturas en sus elementos constituyentes y estas se disipan mejor en un medio líquido.

b.- Identificar condiciones de operación: Para una correcta selección del medio lubricador se debe tener claro las condiciones a las cuales será expuesto el lubricante. El cuadro N°4 genera una idea acerca de la selección de viscosidad que debe tener el lubricante bajo algunas situaciones de trabajo.

Cuadro N°4 Lubricante a utilizar en distintas condiciones [1]

Condiciones	Usar lubricante de:
<i>Mayor Velocidad</i>	<i>Baja viscosidad</i>
<i>Menor Velocidad</i>	<i>Viscosidad alta</i>
<i>Carga Ligera</i>	<i>Baja viscosidad</i>
<i>Carga Pesada</i>	<i>Viscosidad alta</i>
<i>Baja Temperatura</i>	<i>Baja viscosidad</i>
<i>Alta Temperatura</i>	<i>Viscosidad alta</i>

c.- Selección de lubricante: Como se menciona en los puntos anteriores “a” y “b” se procede a la selección del lubricante en base a lo señalado. También se puede obtener mucha información acerca de la aplicación de los lubricantes consultando con el proveedor de los mismos. Por ejemplo, SHELL, MOBIL, etc. poseen catálogos completos de todos los tipos de lubricantes que tienen a la venta y en estos se puede apreciar la aplicación para cada tipo de lubricante.

Puede darse el caso que se tengan incongruencias con los resultados en la selección del lubricante. Puede suceder que el equipo este bajo dos condiciones que nos indican viscosidades distintas, por ejemplo si la unidad trabaja a altas velocidades y bajo cargas pesadas, en este caso específico el profesional deberá tomar una decisión vislumbrando que condición es mas crítica para el equipo y tomar una resolución en base a esto último.

Si después de un periodo de utilización del lubricante seleccionado, este no resulta adecuado para la aplicación, lo que se realiza generalmente es cambiar el lubricante por otro de características similares al anterior, a esto se le denomina pruebas de ensayo y error. Por ejemplo; si se selecciona una grasa grado NGLI 2, y se aprecia que elemento se calienta de manera anormal, esto puede suceder porque este tipo de grasa es muy viscosa y dificulta el movimiento del elemento. Lo que se hace en este caso, es cambiar solamente el grado de la grasa o sea utilizar una grado NGLI 0 o NGLI 1, ya que estas son menos viscosas, lo que favorece el movimiento de las partes constitutivas del equipo.

Para tener una mejor visión de lo que esta sucediendo con el lubricante se le debe realizar un seguimiento periódico, para así vislumbrar su comportamiento a través del tiempo.

La selección del medio de lubricación adecuado cuando no se tiene ninguna información acerca del lubricante que utiliza el elemento o equipo, suele depender de la experiencia y conocimientos que el profesional tenga en el tema. No existe una formula precisa que indique que o cual lubricante utilizar para distintas situaciones, ya que esto depende de una infinidad de factores entre los cuales se puede mencionar; carga, temperatura, condiciones ambientales, condiciones de trabajo, periodos de trabajo, estaciones del año, lugar geográfico, operador del equipo, etc. Tomando en cuenta los agentes relevantes, el profesional debe tomar una decisión acerca del medio de lubricación que debe utilizar.

3.5 Almacenaje y Manipulación de Lubricantes

3.5.1 Introducción

Un adecuado almacenamiento y manipulación de los lubricantes evitará los residuos provocados por daños al producto o contaminación del mismo dentro de su contenedor, por escapes o derrames del producto. Las siguientes

secciones muestran como evitar desechos provocados por un almacenamiento y manipulación inadecuados [2].

Una mejor gestión de lubricante en este ámbito tendrá como resultado un mejor control, una mejora de la calidad de la producción y una reducción del mantenimiento.

Antes de poder llevar a cabo las tareas inherentes a esta delicada función, es importante señalar personas responsables de la gestión del lubricante dentro de la organización. El número e identidad de estos responsables dependerá del tamaño de la planta, del número de personal con que se cuente y la cantidad de lubricante que se maneja. Para una gestión eficaz se deberá controlar las existencias y consumos logrando un equilibrio entre ambas.

3.5.2 La Bodega de Lubricantes

Los lubricantes deberán almacenarse bajo techo o al menos cubiertos del viento, la lluvia, etc. En el caso que los tambores se almacenen en posición vertical y a la intemperie, existe una alta probabilidad de contaminación, especialmente por aguas lluvias.

Los lubricantes son sensibles a las temperaturas extremas, es así como pueden verse afectados por las altas o bajas temperaturas, por lo que deberá evitarse someterlo a variaciones extremas de temperatura durante su almacenamiento. Además como en los tambores siempre se mantiene una parte con aire, puede ocurrir que la humedad de dicho aire, producto de los cambios de temperatura se condense y contamine el aceite almacenado.

Como regla general se debe propender a que la bodega de lubricantes esté térmicamente aislada y ojalá emplazada en un lugar céntrico con el fin de minimizar el transporte de los lubricantes dentro de la planta, de este modo, se reducen los riesgos asociados al transporte y la accesibilidad se hace más expedita.

Los tambores deben almacenarse en posición horizontal (ver fig. N°2), ojalá en estantes y lejos de cualquier posible contaminación de agua. En caso

de que los tambores no puedan almacenarse en estantes sin contacto con el suelo, se pueden utilizar plataformas para mantenerlos alejados del agua de superficie. En caso de que los contenedores se almacenen en posición vertical, se debe comprobar que las etiquetas sean visibles y de que exista rotación de las existencias [2].

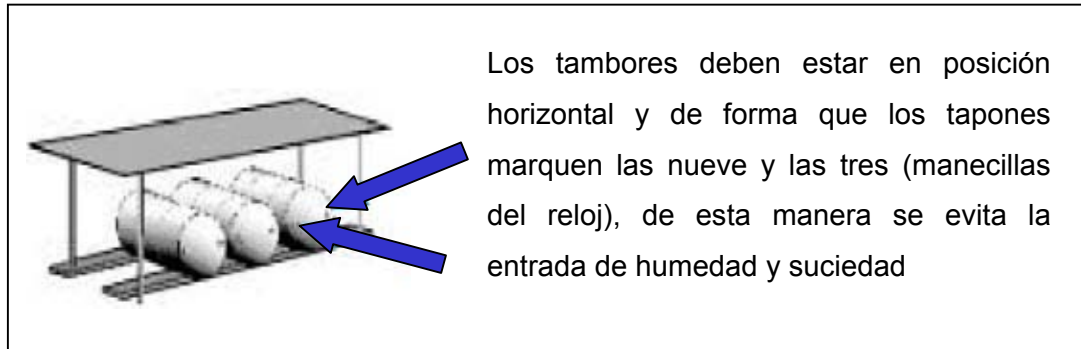


Figura N° 2 Almacenaje exterior correcto [2]

La instalación de llaves puede permitir el trasvase de lubricante a contenedores más pequeños de forma controlada además se debe instalar bandejas antigoteo y recoger las pequeñas cantidades de aceite que de forma inevitable gotearan tras el uso de los grifos. Deberán instalarse muros de contención alrededor de las plataformas o en las puertas de acceso.



Figura N°3 Ejemplo de una bodega de aceites; la figura muestra un sistema de plataformas con muros de contención y rampas de acceso

Como recomendación final, se sugiere que se revise la norma que en Chile aplica y regula todo lo concerniente al almacenaje y manipulación de lubricantes, pues lo señalado en estos puntos se ha entregado como recomendación general, que se ha recopilado de la bibliografía que se indica en la tesis, pero como es sabido y dado que este tema es muy sensible desde el punto medio ambiental, se insiste en que hay que regirse por lo que señala la norma. En todo caso y frente a cualquier duda, se debe recurrir a los organismos que rigen y controlan estas materias como el SNS, la CONAMA, etc.

3.5.3 Manipulación de los tambores

Existe una serie de dispositivos para la manipulación de tambores que permiten movimientos simples (ver fig. N°4). También existen artefactos para mover los tambores 90 grados desde su posición horizontal hasta una posición vertical. Al elegir mecanismos para el transporte de lubricante, es importante determinar los requisitos del personal que debe realizar el manejo [2].

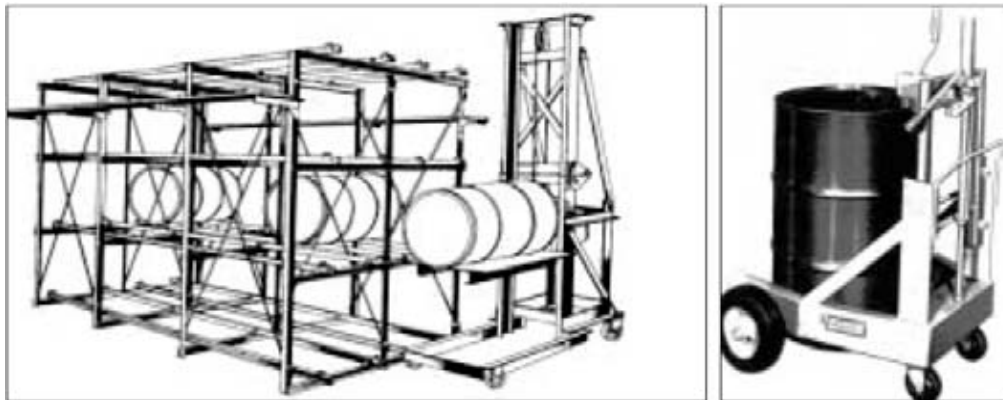


Figura N °4 Dispositivos para el almacenaje y transporte de bidones [2]

Un tambor intermedio puede albergar 1.000 litros y moverse fácilmente, pueden ser transportados por carretillas elevadoras. Una vez transferido el lubricante de los grandes contenedores, este será transportado hasta los equipos en recipientes similares. Es esencial usar envases limpios para evitar contaminación. Se debe intentar utilizar el mismo recipiente para un mismo tipo de lubricante evitando el contacto con el lubricante usado.



Figura N°5 Dispositivos para la correcta aplicación del lubricante

Las prácticas anteriormente descritas no se efectúan generalmente en la Industria Chilena, excepto casos muy especiales, en donde se ha puesto énfasis en la manipulación de lubricantes y control de los mismos, pero la idea que este método se adopte, ya que resulta ser muy eficiente.

3.5.4 Control de existencias

En la práctica, de acuerdo a lo que se ha podido averiguar, las existencias de lubricantes en bodega, se maneja de diferentes formas en cada empresas, no obstante y términos generales debiera propenderse a disminuir los stock, ello se puede lograr solo en la medida que se haga una adecuada gestión en este ámbito.

Lo ideal es trabajar con stock críticos, y para lograr llegar a esa alternativa se requiere manejar información como ser:

- Plan de lubricación con información de requerimiento de las cantidades y tipos de lubricantes a utilizar.
- Historiales de uso de lubricantes
- Dinámica de los procesos de compra, es decir tiempos promedios desde la colocación de la orden de compra hasta la llegada del producto
- Listado de proveedores y capacidad de reacción ante solicitudes de emergencia.

Cuando se recopila información de forma regular de los lubricantes en uso en la planta, su análisis de estos datos permitirá identificar tendencias, y ayudará a reducir el consumo.

Los datos obtenidos por el sistema de control de existencias se pueden utilizar para establecer objetivos de reducción de lubricantes, para así reducir la producción de residuos y obtener beneficios. La veracidad de los datos es un factor esencial de este sistema, siendo importante para establecer objetivos reales.

Las etapas básicas de los procesos de control y establecimiento de objetivos son:

- Recopilación de datos de consumo y lubricante de desecho
- Control del consumo de lubricante.

La rotación de las existencias es importante como una alternativa de evitar la degradación de los lubricantes por el paso del tiempo o la caducidad de los mismos (ver cuadro N°5).

Un buen método para lograr la rotación de los lubricantes, es aplicando el modelo de logística denominado sistema FIFO (First in, First out), es decir “primero en entrar, primero en salir”

Todos los aceites y grasas tienen una fecha de utilización preferente, normalmente en forma de un código proporcionado por el fabricante. Para garantizar que actúe exactamente según sus especificaciones, el producto deberá utilizarse antes de la fecha citada. El proveedor deberá informar del sistema de códigos que utiliza, de modo de evitar los problemas relacionados con los productos caducados. No obstante lo anterior y a modo referencial, en la tabla siguiente se entrega información relativa a la caducidad promedio de los lubricantes.

Cuadro N°5 Tabla de caducidad según tipos de aceite [2]

PRODUCTO	TIEMPO MÁXIMO RECOMENDADO DE ALMACENAJE(MESES)
<i>Grasas de litio</i>	12
<i>Grasas complejos de calcio</i>	6
<i>Aceites lubricantes</i>	12
<i>Emulsiones resistentes al fuego</i>	6
<i>Aceites solubles</i>	6
Emulsiones	6
<i>Nota: Si alcanza el limite verificar calidad con análisis</i>	

Es importante utilizar los datos procedentes del informe de consumo de lubricantes, con el fin de conocer cuales se utilizan con mayor frecuencia.

Los lubricantes de uso mas frecuente deberán colocarse de modo que pueda accederse a ellos con mayor facilidad.



Figura N°6 Almacenamiento horizontal [2]

Un control de existencia eficaz permite tener un control equilibrado entre el lubricante que se utiliza y los desechos generados. Si se conservan registros del lubricante usado, se puede utilizar el sistema para controlar el rendimiento de la planta y colaborar en la planificación de mantenimiento, esta información además se puede ingresar en el software de gestión institucional, generando de esta manera un control aun más eficiente.

Para llevar un control eficaz de las existencias, todos los tipos de lubricante se deberán almacenar en un solo lugar siempre que esto sea posible, sin embargo esto dependerá del tamaño de la planta. Las industrias de mayor tamaño necesitaran varios almacenes centralizados y el control eficiente en este caso seria con algún software en red para ingresar la información y esta este actualizada en todo momento.

La bodega de lubricantes siempre debe tener un stock mínimo que le permita cubrir las necesidades operativas o de emergencia. Los stock mínimos de existencia deberán calcularse sobre la base de los consumos promedios y

considerando además los plazos de entrega y cantidades mínimas de los pedidos [2].

3.5.5 Lubricantes Usados

Los lubricantes usados deberán almacenarse en contenedores separados y con etiquetas claras, conforme a lo establecido en los procedimientos, para evitar cualquier posible error que podría hacer que se utilice el lubricante usado en lugar del nuevo. Dentro del almacén deberá existir un contenedor con un etiquetado claro que se utilice únicamente para el lubricante usado. Las cantidades de lubricante usado retiradas del almacén deberán registrarse como parte del sistema global de gestión para indicar sus movimientos [2].

El registro del lubricante usado es tan importante como el control de aplicación de lubricante nuevo. Con el fin de comprender el consumo de los equipos de la planta resulta útil conocer la cantidad de aceite usado generado.

3.5.6 Recopilación de datos para una mejor Gestión de Lubricación

Con el fin de formalizar el sistema de control de existencias y de control de lubricante se deberán establecer procedimientos por escrito. Estos procedimientos se podrán incluir en el Manual de Gestión como parte de un Sistema de Calidad de la empresa. La formación del personal relevante, es una labor que se puede desarrollar de forma rápida y eficaz, garantizando que los trabajadores son consientes de los procedimientos y de los lubricantes utilizados.

Dicho procedimiento deberá incluir los siguientes elementos:

- Utilización del almacén de lubricantes, incluyendo el procedimiento de acceso.
- La operación de distribución de los lubricantes.
- Control de existencias.
- Registro del consumo y del lubricante de desecho.
- Asuntos de seguridad e higiene, incluyendo el procedimiento para la manipulación de contenedores.

- Modos de manipular el lubricante usado y lugares donde almacenarlo.
- Procedimientos de emergencia en caso de derrame.

Es lógico que todas las tareas relacionadas con la lubricación sean realizadas de manera consistente apegándose a las mejores prácticas. No es suficiente proporcionar entrenamiento a los técnicos responsables de realizar las tareas. Para asegurarse que se apeguen a las técnicas de mejores prácticas, se deben desarrollar procedimientos y documentarlos paso a paso, para que cualquier individuo que tenga que realizar una tarea, lo pueda hacer sin poner en riesgo la calidad. En una situación ideal, cada procedimiento debería ser responsabilidad de una persona. Sin embargo, debido a cambios de personal, vacaciones y otras situaciones imprevistas, existe la posibilidad de que una tarea sea realizada por muchos individuos con diferentes niveles de habilidad o preparación. Adicionalmente, los procedimientos deben ser fáciles de encontrar y usar, de preferencia en formato electrónico que pueda anexarse a las órdenes de trabajo generadas por el sistema de Administración del Mantenimiento o Software Institucional [2].

3.5.7 Control de Fugas y Derrames

El control de pérdidas de aceite se suma al Programa de Lubricación de Planta. Este programa, incluye el cuidado de las instalaciones y las prácticas del personal del departamento de mantenimiento, los esfuerzos del personal de operación, para vigilar la integridad de los lubricantes, y la responsabilidad de los departamentos de Ingeniería e Ingenieros Ambientalistas para el diseño e instalación de sistemas de recolección y disposición de lubricantes usados de tal manera que cumplan con las regulaciones locales, regionales y nacionales. Este programa también involucra al Especialista de Lubricación en lo relacionado a la pérdida de aceite, que además de problemática, no es posible evitar completamente; Además de que los costos ocultos de la pérdida de aceite, incluyendo los costos de recolección y disposición, con frecuencia son ignorados.

En estos casos el Profesional juega el papel de consultor, contribuyendo significativamente a controlar la pérdida de aceite. El es la autoridad en el consumo de grasa y aceite en cada punto en toda la planta, y puede sugerir técnicas que puedan reducir el consumo: por ejemplo, un tipo de sistema de aplicación diferente; cambio de lubricación de aceite a grasa; protección o reubicación de tuberías expuestas; mejoras al diseño de sellos. El Profesional puede hacer mucho para minimizar esos problemas y reducir los costos de planta al mismo tiempo.

Al evitar que se produzcan fugas de los contenedores en el almacén, se mejorará la gestión interna y este será mas seguro. El control de fugas y derrames se logra con un equipo variado, que dependerá de la cantidad de lubricante que se maneje. A la hora de elegir productos para el control de escapes y derrames es importante obtener muestras de distintos proveedores y comprobar si se adecuan a las necesidades de la empresa.

Un elemento fundamental para reducir las fugas o perdidas es realizar informes mensuales de consumos. Se debe ir comparando los consumos de meses anteriores y el consumo previsto. Este tipo de informes es efectivo para concienciar al personal de mantenimiento respecto del problema de las fugas. Un valor que ayuda a verificar la evolución de las fugas y los consumos es la tasa de consumo:

$$\text{TASA DE CONSUMO} = \frac{\text{COMPRAS ANUALES DE ACEITE}}{\text{VOLUMEN DE LA CARGA DE LA MAQUINARIA}} \quad (3.2)$$

Lo que se debe conseguir con todo esto es una reducción del lubricante utilizado, no obstante no solo en la reducción intervienen las fugas, para obtener una tasa de consumo menor es importante también hacer que el lubricante dure mas, y esto se puede conseguir con un lubricante limpio, un lubricante seco, un lubricante frío, un lubricante de mejor calidad

En el caso del aceite el problema de las fugas es inevitable pero no se debe acostumbrar a ellas como algo normal se deben adoptar medidas para minimizar esas perdidas. Una buena práctica es rellenar una ficha informativa cada vez que se produzca una fuga, con el fin de controlar mejor cuanto y cuales son las máquinas que se fugan. Existe una clasificación SAE para las fugas externas.

Cuadro N°6 Clasificación SAE para las fugas externas (SAE J1176) [2]

CLASE SAE	DENOMINACIÓN DE LA FUGA	DESCRIPCIÓN DE LA FUGA (BAJO CONDICIONES SIN SUCIEDAD)
0	<i>Seco</i>	<i>Sin humedad</i>
1	<i>Derrame</i>	<i>Cualquier fuga no recurrente</i>
2	<i>Filtración</i>	<i>Fuga recurrente pero sin formar depósito</i>
3	<i>Goteo</i>	<i>Fuga recurrente pero que forma depósito</i>
4	<i>Goteo continuo</i>	<i>Fuga recurrente continua</i>
5	<i>Flujo</i>	<i>Fuga recurrente con flujo importante</i>

Deberán existir equipos antiderrames en las zonas en las que un escape pueda provocar un riesgo medioambiental. Los contenidos de estos equipos deberán adecuarse a la naturaleza del posible derrame o escape. El equipo deberá incluir una serie de elementos básicos como materiales absorbentes, barreras para contener el aceite, guantes, buzo y botas para la protección del personal encargado, instrucciones para el personal sobre el modo de empleo del equipo, barreras y elementos de señalización para el aislamiento del área afectada.

3.6 Recurso humano; El Lubricador

El proceso de lubricación no solo se basa en elegir el lubricante adecuado y aplicarlo con una determinada frecuencia, sino que demanda además la necesidad de contar con profesionales que sean capaces de realizar las actividades que el proceso demanda, de la forma técnicamente mas idónea.

En muchas empresas la lubricación está a cargo del departamento de mantención como una actividad más y en muchos casos el lubricador es la persona jerárquicamente menos importante. En los últimos tiempos se ha observado una tendencia a separar la actividad de la lubricación dejándola como algo mas específico, por la importancia y especialización que esta tiene, e

incluso los lubricadores se les considera profesionales claves para el buen funcionamiento de las máquina y equipos.

Sin lugar a dudas, la mayor o menor vida útil de las máquinas, depende en una gran parte, del desempeño del personal encargado de lubricarlas. El buen lubricador no se improvisa, su preparación demanda mucho tiempo; en primer lugar hay que poseer un conocimiento práctico de las máquinas, el que sólo se adquiere a través de la experiencia.

Aun hoy en día son raras las fábricas en las cuales el lubricador recibe un entrenamiento formal en su oficio, lo común es que le entreguen una aceitera y una pistola engrasadora y se le den sus obligaciones.

Afortunadamente el personal de mantenimiento, en la mayoría de los casos es muy bueno y recursivo y pronto se defiende por su propia inteligencia, no obstante esto es un grave error. En el ámbito industrial se cree que el lubricador debe ser la persona de mas bajo nivel intelectual y la menos remunerada, la realidad debe ser totalmente diferente. Un buen operario de lubricación bien capacitado le puede representar a cualquier empresa un ahorro de cuantiosas sumas de dinero por menor consumo de repuestos, lubricantes, paros de maquinaria, y además por el cumplimiento de las funciones como eficiente supervisor de mantenimiento preventivo porque de todo el personal de la fábrica, es la única persona que inspecciona la totalidad de los equipos y por consiguiente, sabe a ciencia cierta cual es su funcionamiento real [1].

El personal destinado a la lubricación de los equipos debe poseer ciertas características así como ciertos conocimientos y habilidades, algunas de estas aptitudes deben ser las siguientes:

- Un buen nivel de formación técnica.
- Conocimiento en detalle de su trabajo.
- Conocimiento de sus obligaciones y responsabilidades.
- Conocimiento en detalle del equipo a lubricar, su funcionamiento y las piezas de mas cuidado o delicadas.
- Habilidad para controlar los equipos.
- Conocimientos de los principios básicos de la lubricación.

3.7 Implementación de Planes de Lubricación

3.7.1 Introducción

Para la elaboración de un plan de lubricación de maquinaria, se debe tener un conocimiento previo del equipo. Una manera de obtener esta información es analizar en terreno cada equipo o simplemente interiorizarse de la maquinaria en los catálogos correspondientes a esta. Normalmente los equipos traen consigo una carta de lubricación en donde se indica la cantidad y la periodicidad de lubricación, pero esto generalmente es insuficiente ya que la carta de lubricación está elaborada bajo condiciones estándares las cuales muchas veces no corresponden a la realidad de las condiciones y solicitudes a que están sometidos los equipos en Planta.

3.7.2 Proceso de elaboración

La selección del lubricante, como se dijo con anterioridad se debe realizar en una primera instancia basándose en lo que sugiere el fabricante del equipo, si esto no da resultado o se tiene problemas de lubricación, puede utilizarse algunas de las técnicas analizadas en el presente trabajo o utilizar los servicios de las empresas especializadas en el tema.

A continuación se darán los pasos lógicos a seguir para la elaboración de un plan de lubricación:

a.- Conocer el Equipo: Conocer su funcionamiento, su modo de operar y en la medida que se pueda los materiales de que esta compuesto.

b.- Identificar los Puntos de Lubricación: Como rodamientos, reductores, engranajes, etc.

c.- Identificar el Tipo de Lubricante que se utilizará en cada punto: Puede ser grasa, aceite u otro, además se debe identificar el nombre comercial, marca y sus características.

d.- Determinar el Consumo: Se refiere a cuanto lubricante en litros, gramos u otra unidad se necesitará para lubricar cada punto.

e.- Determinar el Tiempo de Ejecución: Se debe determinar cuanto será el tiempo de demora aproximado para la lubricación de cada punto, ya que algunos puntos son más difíciles de lubricar que otros por su disposición en el equipo.

f.- Frecuencia de Lubricación de los puntos: Esto se determinará en primera instancia según lo que indique el fabricante del equipo. La frecuencia puede variar en el tiempo ya que una vez puesto en marcha el plan sufre algunos ajustes. Además se pueden utilizar elementos como los análisis de aceite, los cuales nos indicaran en la mayoría de las veces que los periodos de lubricación propuestos en la ruta deben ser más extensos que los calculados, esto se debe generalmente a las condiciones de trabajo a las cuales esta sometido el lubricante.

g.- Rutas de Lubricación: Las rutas de lubricación que le asignen al lubricador deben ser coherentes y lo mas aproximado a la realidad posible, el tiempo de lubricación de cada punto debe ser la base para la fabricación de la hoja de ruta diaria del lubricador, junto con la frecuencia.

h.- Ingreso en el Sistema: Con toda la información obtenida siguiendo los pasos anteriormente descritos, se elabora una base de datos. Si se cuenta con un Software Institucional, esta información se puede ingresar en el sistema y este podrá entregar las respectivas ordenes de trabajo u hojas de ruta para el lubricador.

i.- Puesta en Marcha: Una vez implantado el plan de lubricación en la fábrica, este debe ser evaluado corrigiéndose las deficiencias que se detecten, ya sea en lo relativo a la ruta, a los tiempos, puntos de lubricación, etc. Todo ello con el objeto de optimizar el Plan de Lubricación. Todas estas modificaciones se deben realizar después de una evaluación relativamente prolongada en el tiempo, con el objeto de no realizar cambios continuamente.

3.7.3 Ejemplo de elaboración de un Plan de Lubricación.

El autor de esta tesis realizó dos prácticas profesionales en la Planta de Fabricación de Puertas MASISA S.A. Chillán, encomendándosele en la primera,

elaborar un Plan de Lubricación, y en la segunda que lo completara e implementara, fue así como nació el interés en este tema.

En el anexo J se presenta un ejemplo en la ejecución de un plan de lubricación, que como señalo es el resultado del estudio teórico práctico del tema.

CAPITULO N°4

Gestión de los Sistemas de Análisis de Aceite

4.1 Introducción

La globalización de la economía ha demandado al sector productivo exigencias de eficacia y eficiencia que la han obligado a optimizar sus procesos. Esto en el ámbito de la mantención le ha planteado el desafío de lograr la máxima disponibilidad de los equipos y en este contexto la lubricación también ha sido exigida en su optimización.

En base a lo señalado, cada vez se hace mas imprescindible utilizar los recursos en la mejor forma, esto pasa por usar los lubricantes hasta completar su vida útil. La evaluación del estado del lubricante, como se ha señalado en la tesis, no es fácil y por lo general demanda de un trabajo técnico y evaluación de variables físico químicas que solo se pueden hacer con instrumentos y técnicas muy específicas. Esto se traduce en que los Análisis de Aceites son la única y mejor forma de asegurarse que se están utilizando adecuadamente los lubricantes.

Un Sistema de Análisis de Aceite implica la toma y prueba de muestras en diferentes elementos de la planta para identificar posibles problemas, teniendo como principales objetivos:

- Identificar impurezas en los aceites para evitar problemas relativos al desgaste de maquinaria y componentes.
- Detectar fuentes de contaminación posibles como agua, combustible, polvo etc.
- Detectar posibles mezclas de aceite.
- Comprobar si mantienen sus especificaciones técnicas o han completado su vida útil.

Este último punto es muy importante ya que muestra el modo en que se puede incluir un Sistema de Análisis de aceite en los procedimientos de mantenimiento.

Los cambios de lubricante son necesarios únicamente cuando se encuentra contaminado, degradado o el aceite ha perdido sus propiedades básicas.

Los beneficios de implementar un Sistema de Análisis de aceite implican:

- Ahorros en los costos, prolongando la vida útil de los aceites y evitando cambios normalmente costosos antes de tiempo.
- Avisos previos de fallas en maquinaria o de un excesivo desgaste de los componentes.
- Proporciona una referencia para la comparación de máquinas idénticas.
- Determinar si se está utilizando el aceite correcto.

Un sistema de análisis de aceite es un paso adelante hacia la reducción en el consumo de origen. Así mismo, reduce los recursos que se malgastan al realizar cambios innecesarios.

Este sistema se considera como escuchar a los elementos de la planta de modo que el aceite se cambie únicamente cuando sea necesario. La eficacia de los sistemas de análisis ha sido probada en el sector Industrial Minero en Chile, estos tienen la capacidad de reducir el consumo de buena forma cuando los cambios de aceite se realizan habitualmente por horas de funcionamiento de equipos [12].

4.2 Contaminación de Aceites

La contaminación de los aceites se debe a muchos factores ya sean estos externos o internos. Los externos tienen que ver con el ambiente de trabajo del equipo y los internos son aquellos que se generan en el interior del equipo o al contenedor del lubricante [12].

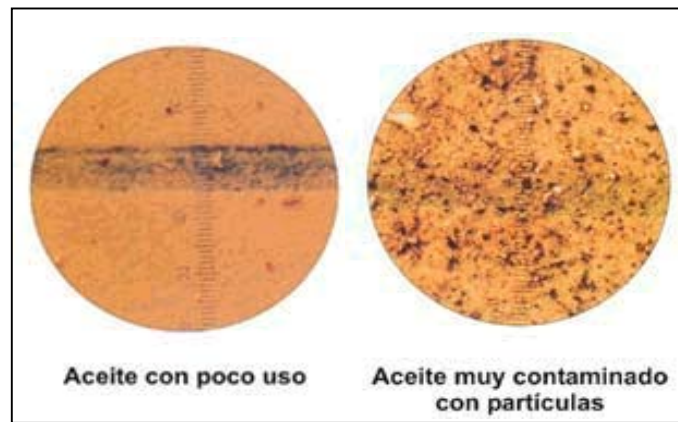


Figura N°1 Aceites contaminados

La contaminación de aceites nuevos se puede generar en la línea de envasado del aceite, esta contaminación pueden ser partículas metálicas, partículas de gomas o de caucho.

Tanto el aceite nuevo como el ya utilizado, también pueden contaminarse en los tambores utilizados como depósito de transporte, en esta situación el lubricante se puede contaminar con hojuelas metálicas propias del tambor o incrustaciones del recipiente.

Otra forma en que el lubricante se mezcle con partículas es a través de los estanques de almacenamiento, en ese caso el lubricante puede contaminarse con agua, partículas de moho y contaminación atmosférica.

4.2.1 Fuentes de ingreso de Contaminación

Existen varias fuentes de ingreso de contaminación de los aceites. Estas pueden ser por respiraderos o las tapas del contenedor del lubricante en sí. El ingreso de contaminación puede generarse durante la mantención del equipo, si el sistema de lubricación es abierto la contaminación puede entrar fácilmente al aceite, lo que se debe hacer es extremar las condiciones de limpieza en el sentido que tanto las herramientas como los obreros deben estar limpios en la medida que se pueda. También puede ingresar contaminación por los sellos, estos rara vez se diseñan para tener un 100% de eficacia.

4.2.2 Contaminación en la construcción de Equipos

Se habla de contaminación del aceite en la construcción de equipos ya que estos tienen un periodo de asentamiento inicial, esto es cuando todas las piezas y componentes de un equipo presentan irregularidades (como rugosidad superficial) dejadas por el proceso de fabricación. En las primeras horas de funcionamiento se produce desgaste o asentamiento de las partes, es un proceso en que todas estas irregularidades más grandes se van desgastando y dan lugar a una superficie mas pulida. Dentro de este periodo se lleva a la máquina a sus máximas condiciones de carga y de velocidad, pero de una forma gradual y controlada para evitar males irreparables y catastróficos. El fabricante del equipo normalmente señala cuando se debe realizar el primero y los sucesivos cambios de aceite, vale la pena recalcar que el primer cambio de aceite es muy importante porque aunque aparentemente esta limpio contiene todas las limaduras que se desprenden en el proceso de desgaste inicial. Además existen contaminantes que se generan en la construcción del equipo en si, como rebabas, astillas, soldadura, lodo, polvo, fibras, arena, teflón, humedad, empaquetaduras, pinturas, etc.

4.2.3 Contaminación en los Depósitos de Aceite

No siempre es fácil tener acceso a los tanques, contenedores de filtros, recipientes, depósitos de aceite y otros compartimentos de aceite. Sin embargo, de ser posible, alguien con un ojo bien entrenado para esta tarea, deberá inspeccionar las condiciones internas de estos.

El espacio superior de muchos tanques mantiene una continua niebla de humedad. Esto puede llevar a la acumulación de agua en el aceite, especialmente creando acumulaciones en el fondo del tanque. La humedad en el espacio superior generalmente se condensa en el techo del tanque para luego caer en forma de gotas o fluyendo por los costados hasta el fondo formando charcos. Esto se puede observar tocando la parte superior interna del tanque con los dedos. Si se siente humedad (en ocasiones hasta con herrumbre) el riesgo es muy grande.

En ocasiones se producen barnices pesados dentro de los tanques y contenedores de aceite. Su apariencia puede ser variable, desde paredes del tanque color dorado hasta gruesos depósitos oscuros. En ciertas ocasiones, se observa una especie de cáscara, cuando se usa un cuchillo sin filo para desprender una película de depósitos pegados en el tanque. Se puede usar un calibrador de barniz para cuantificar el grado de severidad.

4.2.4 Contaminación Generada Internamente

Es la contaminación más peligrosa para el sistema, son partículas muy abrasivas, causan el mayor desgaste en los componentes, estas partículas generaran un nuevo número de partículas que se adicionaran e incrementaran exponencialmente [12]. Las fuentes de contaminación interna o generada por el equipo en su etapa de funcionamiento producen desgaste abrasivo, desgaste adhesivo, desgaste por fatiga, desgaste erosivo.

4.2.5 Contaminación por Agua

La contaminación por agua del lubricante puede producir problemas como oxidación del lubricante, degradación de los aditivos R & O (antiherrumbre y oxidación), la destrucción de aditivos antidesgaste (ZDDP), cultivos de bacteria y aumento de viscosidad esto último es una condición de peligro máximo para el equipo.

4.2.6 Daños producidos por la Contaminación

Hay que tener en claro que los equipos mecánicos son autocontaminantes de ahí que la contaminación no puede ser eliminada pero si controlada. La contaminación puede provocar distintas fallas en los equipos estas pueden ser fallas catastróficas, intermitentes y degradativas.

a.- Fallas catastróficas: Este tipo de falla ocurre cuando una partícula grande entra a algún elemento esencial.

b.- Falla intermitente: Puede ser ocasionada por contaminación la cual no permite que el elemento funcione adecuadamente por un lapso de tiempo.

c.- Falla por degradación: Puede ser el resultado de un desgaste abrasivo, corrosión, cavilación, erosión o fatiga en la superficie.

4.3 Norma ISO de Limpieza de Fluidos

Para poder detectar los problemas, se utiliza una escala de referencia de contaminación. El método más común para determinar las normas de nivel de limpieza es el conteo de partículas. Estos conteos se registran como el número de partículas mayores de un cierto tamaño que se encuentran en un volumen específico de fluido [12].

La norma de nivel de limpieza ISO 4406 es aceptada por la mayoría de las industrias en el mundo. Una versión modificada se utiliza ampliamente, esta hace referencia al número de partículas mayores de 2, 5, y 15 micrómetros en volumen conocido, generalmente 1 mililitro o 1000 mililitros. El número de partículas de 2 o más (2+) y 5 o más (5+) micrómetros se utiliza como punto de referencia para las partículas de cieno. El rango de tamaño de 15 o más (15+) indica la cantidad de partículas más grandes presentes y que contribuyen significativamente a la posibilidad de falla catastrófica de componentes. Una clasificación ISO 18/16/31 se define así:

Cuadro N°1 Clasificación ISO 18/16/13 [12]

NÚMERO DE RANGO	MICRONES	RANGO DE CONTEO DE PARTICULAS (Por ml)
18	2+	1300-2500
16	5+	320-640
13	15+	40-80

También se utiliza en algunas publicaciones un formato de 5, 15 micrones que cumple con la norma ISO. Por ejemplo un ISO 16/13 solo se referirá a las partículas de 5+ y 15+.

Cuadro N°2 Norma de limpieza de fluidos ISO 4406 [12]

NORMA ISO 4406		
NÚMERO DE RANGO	NÚMERO DE PARTÍCULAS Por ml	
	MAS DE	HASTA E INCLUSO
24	80000	160000
23	40000	80000
22	20000	40000
21	10000	20000
20	5000	10000
19	2500	5000
18	1300	2500
17	640	1300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	2,5	5
8	1,3	2,5
7	0,64	1,3
6	0,32	0,64

4.4 Sistemas de Análisis de Aceite.

La mayoría de las industrias que han implantado un Sistema de Análisis del aceite, utilizan los servicios externos ofrecidos por los proveedores con el fin de determinar el potencial de racionalización, y disminución de costos como consecuencia directa de esto.

Los resultados del sistema entregan normalmente en un breve informe que proporcionará un análisis químico de los resultados, destacando cualquier irregularidad (ver cuadro N°3).

El informe a menudo es acompañado por un formulario en el que se incluye una lista de diversos productos químicos y su probable origen. El procedimiento de toma de muestras se deberá seguir al detalle para evitar cualquier tipo de contaminación de aceite tras abandonar su punto de utilización, esto podría provocar falsos niveles de contaminación. Es importante también etiquetar cada una de las muestras e indicar el tipo de lubricante y el equipo de donde proviene entre otros.

El modelo del cuadro N°3 fue facilitado por la empresa SHELL Chile sección Lubricantes, los cuales proporcionaron el formato del informe que entrega dicha entidad a sus clientes, esto servirá como pauta para explicar como trabajan este tipo de entidades.

La letra A indica en donde se encuentra la información del cliente, la letra B indica donde irán los antecedentes generales del lugar donde se tomo la muestra enviada a control. La letra C indica en donde ira una referencia rápida sobre el estado del equipo en relación al desgaste, estado del lubricante y/o combustión y nivel de contaminación del aceite, y en el sitio donde se encuentra la letra D van los comentarios sobre los resultados de los análisis de la muestra, indicándose en los síntomas las causas y las acciones recomendadas por el servicio.

**Cuadro N°3 Informe proporcionado por el laboratorio de análisis,
Modelo facilitado por SHELL Chile**

EMPRESA:	LUGAR DE TRABAJO			
CÓDIGO CLIENTE:	UNIDAD NÚMERO			
DIRECCIÓN:	EQUIPO			
FAX	COMPONENTE			
JEFE ZONA	MERCA Y MODELO			
ATENCIÓN SR.	CAPAC. DE ACEITE			
	TIPO DE ACEITE			
INFORMACIÓN BÁSICA		EVOLUCIÓN DE LOS ANÁLISIS		
NÚMERO DE ORDEN				
NÚMERO DE MUESTRA				
FECHA TOMA MUESTRA				
FECHA RECEPCIÓN				
FECHA DIAGNOSTICO				
KMS/HRS COMPONENTE				
RELLENOS LTS.				
GRAFICA DE CONTROL				
DESGASTE				
ESTADO FÍSICO QUÍMICO				
CONTAMINACIÓN				
DIAGNOSTICO				
DIAGNOSTICO ÚLTIMA MUESTRA				
SÍNTOMAS:				
CAUSAS:				
ACCIONES:				
 Firma jefe laboratorio				

4.4.1 Ventajas de los Sistemas de Análisis de Aceite

Los resultados de estos análisis pueden tener varias consecuencias entre las cuales se encuentran:

- Puede ser preciso cambiar el aceite si el nivel de contaminación es elevado o si se ha producido una disminución de los aditivos.
- El aceite puede estar sucio, pero en buen estado, siendo suficiente solo filtrarlo para eliminar la suciedad, pero sin necesidad de cambiarlo.
- El aceite puede estar en buen estado, por lo que no será necesario cambiarlo.

La efectividad del programa de análisis de lubricantes dependerá de las medidas tomadas como consecuencia de los informes. Si se procede a cambiar el aceite cuando podría haberse mantenido, el plan no resultara rentable. De

forma similar, procede a cambiarlo sin investigar las razones por las que se ha degradado puede hacer que se pasen por alto y se ignoren posibles problemas de la planta.

Es importante averiguar el ahorro conseguido, cuando el informe procedente de una muestra recomienda dejar el aceite en su sitio, en lugar de cambiarlo. Se debe incluir todos los costos incluyendo la mano de obra y comparar este ahorro con el costo de la toma de muestra. En la mayoría de los casos si los costos auténticos de un cambio de aceite se comparan con el costo de control, serán mas elevados. Un sistema de análisis será rentable si se permite ahorrar un cambio cada diez [12].

La capacidad de los Software Institucionales para sistemas de análisis de aceite permiten planificar las tareas de lubricación de modo que se consiga un control total de los elementos de la planta. Diariamente, el sistema elaborará las tareas de lubricación para ese día. Si no se cumplen, el sistema continuará generando ordenes de trabajo, garantizando que los elementos de la planta reciban la atención debida y que no se ignoren las labores de lubricación. Los software institucionales se pueden utilizar para obtener datos sobre consumo de las maquinas como parte del sistema de control.

4.4.2 Revisión de las Bases de los Análisis de Aceite

Existe una gran variedad de pruebas que se utilizan para evaluar lubricantes. Las pruebas especificadas, deben cubrir tres áreas:

1. Condición del Equipo
2. Condición de Contaminación
3. Condición del Lubricante

Generalmente, es necesario efectuar las pruebas en las tres áreas, para evitar la falla de los equipos, aunque en ocasiones algunas de las pruebas trabajan en dos o más áreas, esto se utiliza para asegurar la evidencia de alguna condición anormal. A continuación se revisaran las pruebas que se

utilizan frecuentemente en la filosofía del mantenimiento proactivo como técnicas de monitoreo de condición.

4.4.2.1 Análisis Espectrométrico

Esta técnica se utiliza para detectar y cuantificar elementos metálicos en un aceite usado como resultado del desgaste, contaminación y aditivos del aceite. La muestra de aceite es energizada para hacer que cada elemento emita o absorba una cantidad cuantificable de energía, lo cuál indica la concentración de elementos en el aceite. Los resultados reflejan la concentración de elementos metálicos disueltos como los aditivos y también partículas muy finas de desgaste. Esta prueba es la columna vertebral de la mayoría de los laboratorios de análisis de aceite en el mundo, ya que proporciona información de la máquina, la contaminación y la condición del desgaste relativamente rápido y de manera precisa. Su limitación principal es que su eficiencia de detección es muy baja para partículas de tamaño de $5\mu\text{m}$ (micrones) o mayores. Las partículas con diámetros mayores de $10\mu\text{m}$, son generalmente las partículas resultantes de desgaste anormal y esas partículas deberán ser cuantificadas para determinar la ocurrencia del desgaste [12].

4.4.2.2 Espectroscopia de Filtro Rotatorio (RFS)

Esta técnica espectrométrica detecta partículas gruesas de metales de desgaste y contaminantes base de silicio en muestras de aceites usados. Estas partículas gruesas incluyen todas las partículas hasta $25\mu\text{m}$, pero excluye a los aditivos. Como se menciono anteriormente, las partículas grandes son resultado de desgaste anormal. Este método llamado también RFS (Rotrode Filter Spectroscopy) proporciona además una membrana de bajo costo para poder efectuar el análisis de ferrografía y es superior a la prueba de ferrografía directa (DR Ferrography), porque detecta tanto partículas ferrosas como no ferrosas[12].

4.4.2.3 Análisis Infrarrojo (FTIR)

Esta técnica espectrométrica se utiliza para detectar componentes orgánicos en el aceite, agua y productos de degradación de una muestra de aceite usado. Durante la utilización del aceite, éste se degrada y en ocasiones se acidifica. Si la oxidación del aceite fuera severa, el lubricante corroerá las superficies del equipo. Mientras mayor sea el número de oxidación, mayor oxidación tiene el aceite. La nitración del aceite refleja de una manera similar el nivel de compuestos de nitrógeno (común en motores a gas natural). Las condiciones como barniz, depósitos de lodo, anillos atascados y tapado de filtros ocurren en sistemas con problemas de oxidación y nitración. La espectroscopía infrarroja indica también contaminación debida a combustible, agua libre, glicol del anticongelante y depósitos por hollín. La estandarización de esta prueba es por ASTM E1491. Algunos fabricantes de equipos han establecido algunos parámetros de advertencia, pero se recomienda que sea utilizada como una herramienta de monitoreo de tendencia.

4.4.2.4 Viscosidad

Las viscosidades de los lubricantes varían dependiendo de su grado o clasificación, así como de su grado de oxidación y contaminación durante el servicio. Algunos fabricantes de aceites recomiendan que si la viscosidad de un lubricante difiere en mas de un 10% de su grado nominal o línea de base, entonces deberá considerarse su cambio [12]. Cuando el equipo está en una clasificación de mantenimiento de Monitoreo por Condición, deberán ponerse en práctica controles más específicos. La viscosidad del aceite crecerá con el tiempo de uso, y se debe considerar una baja en la viscosidad mas seriamente que un aumento. De esta manera, se recomienda establecer límites de alerta en +20%, -10% (No más de 20% sobre el grado nominal y no menos del 10% bajo el grado nominal) [12]. La prueba estándar de Viscosidad Cinemática es la ASTM D455 (NCh41.Of1962), que reporta los resultados en Centistokes (cSt) a 100°C o 40°C.

4.4.2.5 Número Ácido (TAN)

Es un método de titulación diseñado para indicar la acidez relativa del aceite. Este tipo de pruebas se realiza generalmente en motores de combustión interna. El número ácido es utilizado como una guía de seguimiento de la degeneración por oxidación de un aceite en servicio. Los cambios de aceite son frecuentemente recomendados cuando el valor del TAN alcanza un nivel predeterminado para un cierto tipo de lubricante y aplicación. Un incremento repentino del TAN deberá ser considerado como un indicador de condiciones anormales de operación (tal vez sobre calentamiento) que requieren de una investigación por parte del departamento de mantenimiento. La mayoría de los fabricantes de aceites proporcionan límites críticos en sus recomendaciones. Se recomienda establecer un límite máximo dependiendo del tipo de aceite y la aplicación, y monitorear la tendencia del aceite para detectar los cambios repentinos. El comportamiento del TAN es generalmente muy estable, manteniendo una tendencia en principio negativa y posteriormente se estabiliza, sin embargo, cuando la oxidación inicia, la tendencia se incrementará de manera exponencial. Esta prueba tiene la designación de ASTM D664 [12].

Las pruebas de TAN son desarrolladas por lo general cuando se aplica una estrategia de mantenimiento proactiva de análisis de aceite. La razón principal por la que se considera el uso de ésta prueba es para determinar cambios de aceite basados en condición, en vez de los que son basados en un intervalo de tiempo. Usado correctamente, permite al usuario del análisis de aceite optimizar la vida de su aceite, sin poner en riesgo el equipo al dejar el aceite en servicio demasiado tiempo.

4.4.2.6 Número Básico (TBN)

El Número Básico, es el inverso del TAN y es una prueba de titulación utilizada para determinar la reserva alcalina de un lubricante. El TBN es aceptado generalmente como un indicador de la habilidad del lubricante para neutralizar ácidos peligrosos formados por la combustión de productos en motores de combustión interna. Los fabricantes de motores generalmente establecen en

sus límites condenatorios valores límites mínimos para la operación y determinan el cambio de aceites cuando estos sean alcanzados. Se recomienda evaluar la tendencia y actuar cuando cambios súbitos se presenten.

4.4.2.7 Detección de Agua

El agua es un elemento no deseado normalmente en el lubricante, ya que el agua destruye la capacidad del lubricante para proteger las partes en movimiento y además ataca los aditivos del aceite, haciendo que el equipo sufra desgaste, herrumbre y corrosión. Otro efecto del agua en los lubricantes es la formación de espuma, incremento de temperatura y lodo en los depósitos. La contaminación por agua no deberá exceder del 0.25% en la mayoría de los equipos y no más de 100 ppm [12]. Hay varios métodos utilizados para evaluar la humedad, cada uno con diferentes niveles de detección, los cuales se presentan en el cuadro N°4.

Cuadro N°4 Pruebas para detectar agua [12]

PRUEBAS PARA DETECTAR AGUA				
Prueba	Límite de Detección	Costo de la prueba	Ventajas	Desventajas
Visual	> 1%	Bajo	Prueba de campo sólo cualitativa	Sólo es posible ver agua en cantidades grandes
Crepitación	1000 ppm (0.1%)	Bajo	Buen indicador de campo. Fácil de efectuar	Sólo cualitativo. No válido para tendencia
Agua por FTIR	1000 ppm (0.1%)	Bajo	Cuantitativo. Bueno para tendencia, fácil de efectuar	Si hubiera glicol, puede haber confusión
Centrífuga	1000 ppm (0.1%)	Bajo	Utilizado para detectar agua en el combustible	No es muy efectivo, debido a los aditivos demulsificantes
Karl Fisher	10 ppm (0.001%)	Alto	Cuantitativo, excelente como tendencia, muy exacto aún con baja humedad	Requiere solventes, genera desechos Se requieren expertos

La cantidad de agua que un fluido determinado absorberá, depende del aceite básico, viscosidad, paquete de aditivos y temperatura. La cantidad de agua que puede disolverse en un fluido está determinada por su nivel de saturación. El nivel de saturación para un fluido hidráulico es de 200-300 ppm

mientras que para un aceite lubricante es de alrededor de 500-600 ppm [12]. El aceite se torna turbio cuando se encuentra por arriba de su nivel de saturación. El nivel de saturación para un fluido sintético es generalmente mucho más alto que el de un fluido base mineral.

4.4.2.8 Conteo de Partículas

Es un método para clasificar y contar partículas en el lubricante de acuerdo con rangos aceptados de tamaño, por organismos como ISO con su norma ISO 4406 y la NAS 1638. Hay varios tipos de instrumentos utilizados para conteo de partículas, que utilizan diferentes sistemas y tecnologías, desde contadores ópticos láser a los de monitoreo de bloqueo de poro. Los sistemas denominados sistemas limpios, como turbinas, hidráulicos, etc. requieren del conteo de partículas y no deben exceder ISO 18/16/12 en la mayoría de los casos, sin embargo algunas aplicaciones requieren límites mas estrictos. Este es un excelente método para verificar la eficiencia del filtro y actualmente se le utiliza como una de las técnicas del Mantenimiento Proactivo para determinar el inicio de alguna condición anormal que pueda llegar a generar desgaste. El conteo de partículas, cuenta todas las partículas en la muestra de aceite sin importar el tipo de elemento de que se trate y las clasifica de acuerdo a su tamaño. Su interpretación deberá ser en función de los parámetros de limpieza que se hayan establecido para cada aplicación en particular, cualquier variación por arriba de los límites, deberá generar una investigación de la causa y probablemente sea necesario tomar acciones de filtración, reemplazo de aceites, etc.

4.4.2.9 Ferrografía Analítica

Esta es una técnica que separa las partículas de desgaste del aceite por medio de magnetismo y las deposita en una placa de vidrio conocida como ferrograma. El examen al microscopio permite identificar el modo de desgaste y las probables fuentes de desgaste de la maquinaria. Esta técnica es conocida como Ferrografía Analítica; una versión completamente automática de esta

técnica de separación magnética es la Ferrografía de lectura directa (DR). Esta técnica mide la relación entre las partículas grandes y pequeñas en la muestra y la información puede ser utilizada para calcular la concentración de partículas de desgaste y el índice de severidad, estos dos parámetros ayudarán a construir tendencias del comportamiento de los equipos. No está disponible para materiales de desgaste no ferrosos. Este tipo de resultados es de mayor valor una vez que se ha establecido una línea de tendencia.

4.5 Analizando las Pruebas de Aceite

Comprender el significado de las pruebas que se le hacen al aceite, permitirá darle el valor exacto y la intención de cada una de ellas cuando se interpretan los resultados y se efectúa el análisis de tendencias. Es importante recordar que la variabilidad de los resultados es un factor normal, dada la calibración de aparatos, el técnico que desarrolla la prueba y otros factores. En la viscosidad, la variación será de solamente 0.5%, en contraste, el TBN puede tener una variación del 15% (Un valor de TBN 7, podrá representar realmente entre 5.97 y 8.05) [12]. En el caso de que surja una duda muy seria, deberá consultarse con el laboratorio acerca de su confiabilidad debiéndose solicitar una nueva prueba.

En el cuadro N°5 se pueden apreciar los datos que entregan los laboratorios de análisis en cuanto a los resultados de los ensayos, cabe mencionar que el modelo del cuadro N°5 fue facilitado por los laboratorios de análisis de SHELL Chile, con esta pauta se puede obtener una idea clara de la manera en que dichas entidades entregan los resultados de las pruebas de aceite.

Existen dos tipos de resultados los cualitativos en donde se estudia la naturaleza de los cuerpos que componen la muestra (hasta 5 micras) y los resultados cuantitativos (contador de partículas) muestran cuantas partículas de diferentes tamaños existen en la muestra y dan una cantidad definida, los resultados cuantitativos dosifican los elementos que componen la muestra, de aquí se puede obtener el grado de limpieza ISO del lubricante (ver cuadro N°5).

Además es importante mencionar que todas las muestras de aceites y sus resultados se comparan con el mismo aceite pero nuevo, con el fin de tener una línea base con la cual realizar el cotejo.

Cuadro N°5 Resultados de análisis entregados por laboratorio

RESULTADOS DEL ANALISIS					
NÚMERO MUESTRA		A. NUEVO			
ESPECTROGRAFIA VIA PLASMA (FINE) - ppm					
D E S G A S T E	FIERRO-Fe				
	CROMO-Cr				
	NIQUEL-Ni				
	MOLIBDENO-Mo				
	ALUMINO-Al				
	COBRE-Cu				
	ESTAÑO-Sn				
	PLOMO-Pg				
	PLATA-Ag				
	TITANIO-Ti				
CO NT AM IN AC IÓ N	SILICIO-Si				
	BOORO-B				
	POTASIO-K				
	SODIO-Na				
	VANADIO-V				
AD ITI V O S	MAGNESIO-Mg				
	CALCIO- Ca				
	ZINC-Zn				
	FOSFORO-P				
	BARIO-Ba				
ANÁLISIS INFRAROJO Y FISICO-QUIMICO					
OXIDACION-A°cm					
NITRACION-A°cm					
SULFATACION-A°°cm					
HOLLIN-A°cm					
COMBUSTIBLE-% vol.					
REFRIGERANTE					
AGUA					
KARL FISHER-ppm					
TBN -mg KOH/gr					
TAN -mg KOH/gr					
VISC@40°C-cSt					
VIS@100°C- cSt					
IV					
CONTADOR DE PARTICULAS					
> 5 µm					
> 10 µm					
> 15 µm					
> 25 µm					

Cualitativo

Cuantitativo

> 30 μm				
> 50 μm				
> 100 μm				
ISO 5				
ISO 15				
ISO LIMPIEZA				

Cuantitativo

4.5.1 Resultados de los Análisis de Aceite

Los resultados de los análisis de aceite se deben estudiar con mucho cuidado por el profesional encargado, ya que de esto depende la evaluación final del análisis para una posterior acción correctiva con el fin de solucionar el problema si este existiere [12].

De acuerdo a lo conversado con los Ingenieros a cargo de los ensayos y asesoría técnicas, ellos ha detectado que muchos Ingenieros y técnicos no conocen los equipos desde el punto de vista de la lubricación. Información importante como la metalurgia de las partes que tienen contacto con los lubricantes, condiciones de carga de los equipos y ambiente de operación, son consideraciones importantes y contribuyen a la solución de problemas que se presentan con el análisis del aceite. Se debe consultar los manuales de los equipos o a quien instaló la maquinaria y mantener la información a mano en los archivos correspondientes, además de proporcionar la información al laboratorio de análisis de aceite.

Existen ciertos elementos que son considerados como el resultado de desgaste interno en los equipos, como por ejemplo Fierro, Cromo, Níquel, Molibdeno, Aluminio, Cobre, Estaño, Plomo, Plata y Titanio. Depende del profesional encargado el determinar las causas que originan la aparición de este tipo de elementos en los resultados. Como se menciono anteriormente el profesional deberá estudiar de forma exhaustiva el equipo con el propósito de conocer de que materiales esta hecho el elemento para obtener las conclusiones y determinar que elemento es el que esta sufriendo el desgaste.

Lo mismo ocurre en el caso de los contaminantes externos al equipo que ingresan al lubricante, estos son generalmente Silicio, Boro, Potasio, Sodio y Vanadio. Al igual que los contaminantes se deberá llegar a la causa que origina

la adición de estas partículas al aceite [12]. También existen elementos que se utilizan como aditivos de los lubricantes como el Magnesio, Calcio, Zinc, Fósforo y Bario, así que la aparición de estos no debería afectar mayormente al equipo, pero si la concentración de este tipo de aditivos empieza a aumentar de manera anormal el profesional debe analizarlo como si estuviera en presencia de contaminantes o desgaste. A continuación se presentan las causas de la aparición o adición al lubricante de algunos de los elementos anteriormente señalados.

4.5.1.1 Niveles de Cobre

Las lecturas de cobre pueden ser particularmente alarmantes cuando los incrementos son en cientos de partes por millón. Sin embargo, los grandes incrementos son generalmente insignificantes en términos de desgaste del componente. De manera irónica, los sutiles incrementos pequeños de cobre son más preocupantes y deberán examinarse cuidadosamente. El desgaste del componente de aleación de cobre generalmente es acompañado de incrementos ligados de metales de aleación como el plomo, estaño, aluminio y zinc. La cantidad de metal de aleación presente en componentes de latón/bronce es sólo un pequeño porcentaje del contenido total de cobre. Los cambios en estas aleaciones pueden ser de sólo unas cuantas partes por millón, pero deben tomarse con seriedad cuando estos cambios se presentan además con incrementos en las lecturas de cobre.

4.5.1.2 Niveles de Silicio

Generalmente los niveles de silicio indican una entrada al elemento de arena o tierra, la cual esta contaminando el medio de lubricación, lo indicado seria revisar el elemento y verificar los sellos o las posibles entradas de la fuente de contaminación.

4.5.1.3 Niveles de Zinc

Existen varias razones para encontrar zinc en las muestras de aceite. Ellas incluyen el desgaste de aleaciones que contienen zinc, como bronce, superficies galvanizadas o recubiertas con zinc; también por aditivos que contengan zinc, particularmente el dialquil ditiofosfatos de zinc (ZDDP), un común aditivo antidesgaste y antioxidante.

La razón más común para la fluctuación de datos es un muestreo incorrecto. La precisión del muestreo depende de que la muestra sea tomada en los lugares correctos, usando cada vez los mismos métodos y procedimientos. Si usted no está aplicando los procedimientos correctos, comience por esta parte.

Otros factores que pueden influir en las concentraciones de zinc, incluyen la adición de aceite de relleno (posiblemente el aceite erróneo), el método usado por el laboratorio para el análisis de la muestra (esto es particularmente cierto, si los datos están siendo comparados entre diferentes laboratorios que pueden estar usando instrumentos diferentes) y cambios en el tamaño de las partículas, si el zinc proviene del desgaste activo de la máquina[12].

4.6 Aplicación de Análisis de Aceite en los Equipos

Los equipos industriales necesitan una combinación de las pruebas para monitorear la condición de la maquinaria.

El cuadro N°6 es un resumen de la aplicabilidad de las pruebas para los principales elementos o sistemas utilizados en la industria.

Cuadro N°6 Pruebas de monitoreo para equipos industriales [12]

PRUEBAS PARA EL MONITOREO DE EQUIPOS									
Equipo	Análisis Espectro-gráfico	RFS	Ferrografía	Viscosidad	FTIR	Conteo de Partículas	Karl Fisher	TAN	TBN
Motor C. I.	R	A	A	R	R	A	N/A	A	R
Compresor	R	R	A	R	R	N/A	A	R	A
Caja de engranes	R	R	A	R	R	N/A	N/A	N/A	A
Rodamientos	R	R	A	R	R	A	N/A	N/A	A
Sist. Hidráulicos	R	R	A	R	R	R	A	A	A
Turbinas	R	R	A	R	N/A	R	R	R	A
Motores eléctricos	R	R	A	R	R	N/A	N/A	N/A	N/A
<i>R: Requerido</i>									
<i>A: Aconsejable (proporciona mayores detalles, especialmente durante la solución de problemas)</i>									
<i>N/A: No aplicable a este tipo de equipos</i>									

4.6.1 Aplicación de Análisis de Aceite en Compresores

Los compresores están fabricados en varias configuraciones y sus aplicaciones son muy distintas, por lo que las recomendaciones de lubricante pueden variar significativamente. Los compresores de pistón en ocasiones requieren alimentación por goteo de lubricantes de alta viscosidad en alguna de las etapas de compresión y el uso de algún aceite distinto (en algunos casos multigrado o sintético) en el cárter. En compresores de varias etapas, la lubricación de los cilindros es a pérdida y no es fácil determinar una correcta lubricación a menos que se inspeccionen los cilindros visualmente.

El cárter pudiera considerarse similar a los de los motores de combustión interna. El análisis de aceite de los compresores rotatorios es mucho más importante, ya que el aceite circulante experimenta mucho mayores variaciones de temperatura y también se ve sujeto a contacto con el gas a comprimir. El aceite es en este caso muy susceptible a la oxidación por las altas temperaturas, ocasionando incremento en la viscosidad y la acidez. Una viscosidad alta incrementa el consumo de energía y una acidez alta, ocasionará corrosión del equipo. La viscosidad puede también cambiar de acuerdo a la solubilidad del gas que se comprime. Los compresores Centrífugos

experimentan problemas similares en cuanto a la acidez, viscosidad y desgaste de metales, debido a los cambios de aceite tan extendidos.

Cuadro N°7 Límites de advertencia para compresores [12]

Límites generales de advertencia para compresores		
Prueba de análisis de aceite.	Carrier (Centrífugo, Rotatorio)	Atlas Copco (Centrífugo, Rotatorio)
<i>Espectroscopía, Hierro</i>	<i>15 ppm</i>	<i>No Especificado</i>
<i>Espectroscopía, Cobre</i>	<i>500 ppm</i>	<i>No Especificado</i>
<i>Espectroscopía, Plomo</i>	<i>15 ppm</i>	<i>No Especificado</i>
<i>Espectroscopía, Aluminio</i>	<i>15 ppm</i>	<i>No Especificado</i>
<i>Espectroscopía, Cromo</i>	<i>15 ppm</i>	<i>No Especificado</i>
<i>Espectroscopía, Estaño</i>	<i>15 ppm</i>	<i>No Especificado</i>
<i>Espectroscopía, Zinc</i>	<i>500* ppm min.</i>	<i>No Especificado</i>
<i>Espectroscopía, Níquel</i>	<i>15 ppm</i>	<i>No Especificado</i>
<i>Cloro</i>	<i>20 ppm</i>	<i>No Especificado</i>
<i>Viscosidad</i>	<i>+20 % a -10 del grado ISO nominal</i>	<i>+20 % a -10 % del grado ISO nominal</i>
<i>Agua</i>	<i>500 ppm máx</i>	<i>0.2% máx.</i>
<i>TAN</i>	<i>1.0 mg KOH/g máx</i>	

4.6.2 Aplicación de Análisis de Aceite en Cajas de Engranés

La mayoría de las aplicaciones de engranes están sujetas a condiciones de estrés y altas cargas y por lo tanto, las pruebas de desgaste de metales y la viscosidad son las de principal importancia. Algunos de los fabricantes de engranes, proporcionan algún tipo de orientación para la selección de los lubricantes en sus equipos, no publican guías para la condición de desgaste o límites de advertencia. Estas aplicaciones son soportadas básicamente por el establecimiento de tendencias o consideraciones estadísticas. La viscosidad por supuesto se incrementará con el transcurso del tiempo de trabajo, debido a la degradación de aditivos, la oxidación y la contaminación. Es muy importante mantener especial atención a las variaciones en la viscosidad. Otras precauciones importantes deberán establecerse para detectar una mala selección del lubricante o mezcla con agua. El cuadro N°8 muestra algunos lineamientos en base a experiencias en laboratorio [12].

Cuadro N°8 Límites de advertencia para engranajes [12]

Límites generales de advertencia para engranajes		
Prueba de análisis de aceite.	Límites de Alarma	Siguiente acción Recomendada
Análisis Espectrométrico	10 % de incremento sobre la muestra anterior	
RFS Espectroscopía de Filtro Rotatorio	Tasa de 2:1 o mayor de gruesos a finos	Ferrografía
Viscosidad	+20%, -10% del Grado nominal ISO	
Oxidación	0.2 Abs/0.1 mm sobre la última muestra	TAN
Agua	0.25% máx.	Karl Fisher

4.6.3 Aceites de Turbina y Aceites Circulantes

Las turbinas son sistemas de lubricación de pleno flujo o flujo total que requieren cantidades altas de lubricante. Los componentes de estos equipos tienen poca tolerancia a los contaminantes o a la oxidación, por lo que se requiere de un monitoreo continuo para evitar daño al equipo. En este caso los fabricantes de los equipos proporcionan guías completas para el mantenimiento de estos fluidos para una operación sin problemas. La contaminación por agua es particularmente indeseable, ya que tiende a formar una emulsión que reducirá las características de lubricación e induce a la corrosión. La transferencia de calor también se ve reducida lo que conduce a una mayor temperatura de los rodamientos. Los aditivos antidesgaste pueden ser agotados con la presencia de agua en el aceite, llevando al equipo a una menor protección y desgaste. Las partículas contaminantes pueden tapar los conductos de lubricación, filtros en línea y sistemas de control. La viscosidad del aceite tiende a mantenerse estable por muchos años, a menos que se presente un problema de oxidación, por lo que se establecen límites condensorios de TAN muy bajos comparados con otros tipos de aceites y aplicaciones. Algunos de estos límites se muestran en el cuadro N°9 [12].

Cuadro N°9 Límites de advertencia para turbinas [12]

Límites generales de advertencia para turbinas		
Prueba de análisis de aceite.	Turbinas de Vapor	Turbinas de Gas
Espectroquímico, Hierro	15 ppm	No Especificado
Espectroquímico, Cobre	500 ppm	No Especificado
Espectroquímico, Plomo	15 ppm	No Especificado
Espectroquímico, Aluminio	15 ppm	No Especificado
Espectroquímico, Cromo	15 ppm	No Especificado
Espectroquímico, Estaño	15 ppm	No Especificado
Espectroquímico, Zinc	500* ppm min.	No Especificado
Espectroquímico, Níquel	15 ppm	No Especificado
Cloro	20 ppm	No Especificado
Viscosidad	+20 % a -10 % del grado ISO nominal	+20 % a -10 % del grado ISO nominal
Agua	500 ppm máx	0.2% máx.
TAN	1.0 mg KOH/g máx	

4.7 Gestión de límites de Alarmas y Análisis de Aceite

El análisis de aceite es una estrategia del mantenimiento proactivo y predictivo ampliamente utilizada, esta tecnología hace que los programas de análisis de aceite sean más fáciles de administrar asegurando un alto retorno del dinero invertido en mantenimiento. Muchas empresas están utilizando software's para dar seguimiento a la información de operación y desempeño de sus equipos. Hay algunos programas independientes de análisis de aceites que permiten desde la comunicación con los laboratorios, la administración de los resultados, impresión, gráficos, establecer límites de advertencia, tendencias y además configuran módulos adicionales para registrar análisis de vibración.

Existe mucha confusión en lo referente al establecimiento de límites de alarma, donde se utilizan en muchas ocasiones metodologías generales enfocadas fundamentalmente al mantenimiento predictivo, es decir a detectar cuando se esta próximo a una falla para poder evitar paros y fallas catastróficas. El nuevo enfoque del mantenimiento proactivo, permite utilizar límites de advertencia de tendencia, determinados para poder tomar acciones cuando alguna de las variables que provocan el desgaste se salga de ellos y de

esa manera no sólo evitar la falla, sino evitar el desgaste y por lo tanto, prolongar significativamente la vida de los equipos.

En esta parte se enfocará principalmente a la gestión de límites y alarmas del análisis de aceite. Un programa de mantenimiento no está completo, si no se establecen límites efectivos de tendencia de los resultados de análisis de aceite.

4.7.1 Metodologías de Alarma

Se utilizan dos tipos de metodologías de Alarma en el análisis de aceites las alarmas absolutas y las alarmas estadísticas.

1. Alarmas Absolutas: Están basadas en las recomendaciones del fabricante del equipo o las recomendaciones del Ingeniero de Lubricación o boletines técnicos. Estas alarmas definen rangos de trabajo o límites condenatorios y son aplicables principalmente a las condiciones del lubricante y a la contaminación. Una larga investigación se ha desarrollado para llegar a esos límites y proporcionan un punto muy válido de arranque en cualquier programa de análisis de aceite. Las alarmas absolutas pueden funcionar adecuadamente cuando son equipos nuevos que se encuentra en garantía, ya que la falta de seguimiento a estos lineamientos en ocasiones provoca que las garantías no se hagan válidas.

2. Alarmas Estadísticas: Las alarmas establecidas por los fabricantes de equipo original, tienen la desventaja de que están elaboradas sobre la base de unas situaciones de operación promedio, que pueden no reflejar las condiciones actuales de una maquinaria en especial. Las alarmas estadísticas, están basadas en la selección de una pequeña muestra de información del equipo, analizando la distribución de la información y utilizando sus características estadísticas para determinar los límites de alarma. El análisis de la tendencia estadística permite la identificación del equipo que requiere de especial atención, logrando efectuar el mantenimiento en una manera eficiente.

4.7.2 Combinando Alarmas Estadísticas y Absolutas

Una administración eficiente del análisis de aceite está basada en una combinación de ambos tipos de alarmas. Cada fabricante establece diferencias en cuanto a sus criterios para operación considerada como normal. El límite condenatorio es la alarma absoluta. La tendencia estadística considera la variabilidad del muestreo, contaminación, relleno de aceite, etc. que determina la desviación estándar. A partir de este punto, las señales de una falla comenzarán. Este es el tiempo de detección temprana de fallas que permite tomar acciones antes que los problemas ocurran. Pasando este punto, conforme se acerca a los límites de advertencia, se deberán tomar acciones como cambios de aceite, filtración o inspección de la unidad, según sea requerido.

El establecimiento de límites estadísticos que proporcionen una advertencia a tiempo, sin falsas alarmas, no es una tarea sencilla. Varios factores como el cambio de aceite o la adición de rellenos, cambios de filtros, técnica de muestreo, etc. podrán hacer variar los resultados. Sin embargo, si los pasos fundamentales son empleados, se podrá tener una buena administración del programa de análisis de aceite y de la lubricación.

Muchos fabricantes de equipo, han publicado especificaciones para los lubricantes y su mantenimiento. Si el fabricante ha determinado algunos límites de advertencia en sus especificaciones, se deben poner esos límites en el sistema de administración de análisis de aceite y compartirlos con el laboratorio.

4.8 Muestra de Aceite

Los Análisis de Aceite parten de algo muy elemental e importante, lo cual es la muestra de aceite. Esta debe ser tomada de acuerdo a los procedimientos que indica la empresa que la analizará. En este proceso se debe ser muy riguroso, pues una falla o procedimiento inadecuado puede traer consigo resultados erróneos con todo lo que ello puede implicar.

Una muestra de aceite extraída de tan sólo 35ml puede representar

hasta 1.000 veces el contenido del depósito y entregar Información del estado de los componentes y del aceite [12].

Para asegurarse de obtener los máximos beneficios, es vital que se realice un muestreo en forma periódica y correcta.

Es importante que el lugar elegido para las tomas de muestras de aceite sea de fácil acceso, preferentemente sin tener que remover protecciones o parte de la máquina, siendo siempre el mismo lugar determinado para la toma de muestra.

Algunos ejemplos de puntos de muestreo son:

a.- En Motores diesel o gasolineros: A través de la vaina de la varilla de nivel o mediante la instalación de acople rápido en la línea de lubricación.

b.- En Cajas reductoras: A través de la varilla de nivel. Por el tapón de nivel del aceite.

c.- En Sistemas hidráulicos: Mediante acoples rápidos en las líneas de lubricación de retorno y presión. Por el tapón de nivel de aceite. .

d.- En Compresores: A través de la vaina de la varilla de nivel. Mediante acoples rápidos en las líneas de presión.

En la mayoría de las industrias, los equipos críticos están equipados con puntos especiales de tomas de muestras de aceite, donde solamente se requiere un frasco limpio, seco y una bomba extractora.

En el anexo K se detallan algunos procedimientos que sugiere Shell lubricantes, cuando se va a efectuar una toma de muestra de aceite para su posterior análisis.

4.8.1 Frecuencia de Tomas de Muestras de Aceite

Establecer una correcta frecuencia de las tomas de muestras de aceite es esencial. Esto depende de los siguientes aspectos, entre los cuales los más importantes son:

- Establecimiento de cambios de tendencias de los contaminantes y partículas de desgaste.
- Importancia de la Unidad.

- Condiciones de seguridad.
- Costo de las muestras de aceite.
- Tiempo transcurrido desde la última reparación general.

Se deben tomar las muestras siempre mientras el aceite se encuentre caliente, esto significa que el equipo debe haber estado funcionando recientemente o si es posible debe estar en operación al momento de obtener la muestra de aceite, este detalle es de suma importancia, ya que si se detiene el equipo y se espera demasiado tiempo para tomar la muestra, las partículas contaminantes que se encuentran en suspensión decantarán en la parte baja de donde se encuentren y la muestra no será representativa.

4.9 Información relevante en los Análisis de Aceite

Si la unidad está siendo muestreada por primera vez, se debe proporcionar la información básica, esta se entrega adjunta a la muestra que se está enviando para el análisis. Los datos que se entreguen deben contener lo siguiente:

a.- Tipo de unidad siendo muestreada: Ej. Motor a diesel, compresor, hidráulico. Esta es la información mínima para tener una oportunidad de procesar la muestra efectivamente. Esta información es de suma importancia, y está potencialmente llena de oportunidades para un diagnóstico incorrecto. Los aceites hidráulicos por ejemplo, vienen en diferentes configuraciones: bombas de pistones, paletas y engranes. Cada uno de estos tipos de sistemas tienen características diferentes. Para que el evaluador proporcione un juicio adecuado este debe conocer el tipo de elemento específico de donde proviene la muestra.

b.- El fluido en el sistema: Si el personal de la prueba no conoce el producto que se analiza, pueden fallar en calibrar su equipo, causando potenciales fallas en la información generada. Actualmente hay muchos sistemas expertos que minimizan esos casos, pero muchos de los sistemas no poseen esa sofisticación para capturar esas posibilidades.

c.- La aplicación: Ambiente en donde se encuentra operando el equipo de donde se obtuvo la muestra.

Una vez que la unidad ha sido registrada o muestreada con anterioridad se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- A menos que se disponga de código de barras, se debe proporcionar una identificación completa y consistente del componente en la etiqueta del envase de muestra. Se debe tomar en cuenta que cualquier modificación que se haga en la información puede conducir a la generación de historias adicionales para ese componente, cuando en realidad los resultados de esa prueba deberían ser agregados a un registro anterior.
- Se debe registrar exactamente el tiempo del aceite desde la última vez que fue cambiado. Establezca las tasas de contaminación y desgaste, ya que no podrá ser completamente evaluado sin esta información.
- Registrar exactamente el tiempo desde que la unidad inició a trabajar, o desde su última reparación completa, las unidades nuevas tienden a producir mayores cantidades de metales y valores de contaminación por varias razones como asentamiento, proceso de conformado. Opuestamente, unidades viejas, tienden a variar su comportamiento desde mejores tasas de desgaste (por un exceso en el consumo de aceite) a tasas de desgaste acelerado (el inicio del fin de la vida del componente)
- Proporcionar la fecha en la que la muestra fue tomada, esto servirá para mantener las unidades en una base de datos y ayudara en gran medida tener las muestras en un orden cronológico para los requerimientos de análisis estadístico.

4.9.1 Información específica del Evento

Una información típica del evento que se analiza, hace que la decisión para la selección de pruebas o la evaluación sea más efectiva. Algunos ejemplos de condición que puede disparar este tipo de pruebas incluyen: Consumo anormal de lubricante, el relleno con aceite nuevo diluye los valores de metales y contaminantes. Esta información puede ser regularizada si los

datos del consumo de aceite están disponibles. Además si se puede se debe adjuntar las observaciones acerca de la operación del equipo, como por ejemplo:

- Ruidos anormales como engranes ruidosos, rechinado, cambio en el asentamiento de los engranes, golpeteo de pistón o metales, etc.
- Falta de fuerza, principalmente para motores.
- Humo; cantidad, color, cuándo se observa en el ciclo de trabajo.
- Fugas de aceite por sellos o empaques.
- Condición del filtro según se observe a simple vista al ser removido.
- Cambios en desempeño, como nivel de potencia, calidad, etc.

4.9.2 Información Anexa de Diagnóstico

Completando el proceso la información de diagnóstico anexa puede ser crítica en la última recomendación de la condición del aceite y la máquina.

Se debe incluir en esta información diagnósticos o mantenimientos efectuados desde la muestra anterior, incluyendo lo detectado o las acciones correctivas efectuadas sean estas resultado de acciones programadas o como resultado de una observación excepcional o por el mismo análisis de aceite.

Otras observaciones de monitoreo de condición como análisis de vibración, termografía, evaluación de corriente en motores eléctricos, etc.

Reemplazo de partes o reparación completa y si es posible, una descripción de las condiciones visuales de la unidad y sus partes respectivas desde su reparación anterior.

Toda esa información colateral sirve en gran medida para una mayor exactitud de los resultados de la prueba, tanto para la muestra específica que se tiene en curso, como para diagnósticos futuros cuando se presenten situaciones similares.

Nunca se podrá tener exceso de información cuando se evalúan los resultados de una muestra de aceite. El proceso es una asociación de información interactiva y dinámica, opuesto a la comunicación de una sola línea.

Los Ingenieros o Técnicos de Planta que envían muestras a laboratorio tienen la responsabilidad de proporcionar toda la información relevante como sea posible, particularmente cuando esa información es excepcional o importante y si se desea obtener mejores resultados y recomendaciones.

4.10 Gestión para Lubricantes Usados

El destino de los lubricantes usados es un tema que debe ser abordado con mucha acuciosidad, pues es un producto altamente contaminante y existen normas estrictas que regulan el tratamiento de los mismos. Por lo tanto el tratamiento de estos debe hacerse con absoluta responsabilidad y en general con mucha sensibilidad hacia la preservación del medio ambiente.

Existen hoy en día muchas maneras de reutilizar el lubricante usado, es por ello que generalmente este, es entregado a empresas que se dedican al reciclaje de este producto. En el caso que no se opte por la alternativa anteriormente señalada, el desecho, debe ser coordinado con los departamentos municipales en la comuna en que se encuentre la industria a objeto que sea retirado de manera especial y tratado como residuo por dicha municipalidad.

El tema de tratamiento de aceites usados y reciclaje es muy complejo y por su importancia perfectamente podría ser abordado en otro tema de tesis. En este trabajo se entregan algunas normas generales y recomendaciones en el anexo L.

La eliminación deberá ser la última opción para los aceites usados. Los métodos de minimización descritos en el anexo L con anterioridad ofrecen los mayores ahorros. Su reutilización también puede proporcionar ahorros considerables. En el caso de que se haya tenido en cuenta todas las opciones, la eliminación será una solución final.

También habrá que tener en cuenta si se tiene algún tipo de aceite que requiera una gestión especial, por ejemplo aceites con aditivos clorados de alta presión y temperatura, los cuales deben gestionarse a través de empresas

autorizadas para este tipo de aceites, así como la legislación específica para estos.

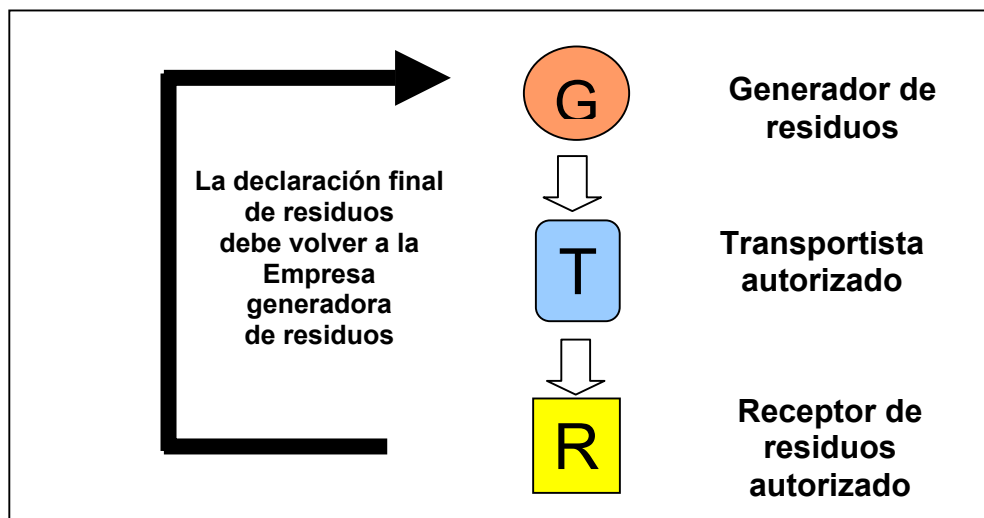


Figura N°2 Ciclo de Eliminación de residuos Industriales

Para la eliminación del lubricante se deben seguir ciertos parámetros establecidos por el Servicio de Salud correspondiente, este emite una Resolución Ambiental al respecto la cual se debe cumplir. En el anexo H, se puede apreciar la resolución ambiental emitida por el Servicio de Salud Valdivia. Existe además una Declaración de Disposición Final de Residuos Industriales (ver anexo H) la cual sigue todo el ciclo desde donde se genera el residuo, luego pasa por el transporte, termina en el receptor de los residuos pero luego debe volver al generador para certificar que este hizo un manejo responsable de los residuos (ver fig. N°2).

Los encargados de la eliminación del lubricante en la empresa deben ponerse al tanto de las ordenanzas tanto Municipales, como las resoluciones del Servicio de Salud correspondiente o la Conama, para que se trabaje bajo las normas establecidas que hacen referencia del tema de manejo de residuos industriales, en donde se enmarcan los Lubricantes utilizados en la Industria.

Capítulo N°5

Comentarios y Conclusiones Finales

5.1 Conclusiones

Es importante para un Ingeniero conocer todo lo que una buena Gestión de Lubricación ofrece como herramienta para mantener en óptimo estado los equipos de los cuales esta encargado. Entendiéndose por Gestión de Lubricación, al ciclo que va desde la selección, aplicación o usos, pasando por el almacenaje y control de los lubricantes, hasta el proceso de manejo de desechos. Incluyéndose además, las asesorías externas, acerca de la lubricación, que en algún momento el Profesional deberá requerir.

Existe mucha información referida al tema de los lubricantes y lubricación, información que en general es de fácil obtención, no obstante por su dispersión, muchas veces es de poca utilidad en la práctica industrial. Este trabajo de titulación tiene el valor de haber investigado y recopilado la información desde una óptica teórica práctica, para presentarla en forma ordenada y de esta manera sirva como guía y referente al ingeniero, especialmente al de mantenimiento, que deba abordar la problemática de la lubricación en la industria.

En la medida que el Profesional entienda y sea responsable en la aplicación de los conocimientos presentados en este trabajo, la tarea de Gestión de lubricación será muy provechosa, tanto para la empresa a la cual le presta servicios como para su propio beneficio.

Una vez que se desarrolle e implemente un buen sistema Gestión de lubricación en una empresa, se producirá una optimización de los recursos, lo que implicará una reducción de costos por uso de lubricantes y una mayor disponibilidad de los equipos.

El tema de la lubricación debe ser competencia de todos los trabajadores de la empresa. No solo del personal de mantención sino también de los

operadores de los equipos, con ello se asegura el buen funcionamiento de los equipos.

Al estar implementado un Sistema de Análisis de Aceite en planta, lo óptimo sería llevar un historial de cada máquina para tener información de la evolución de los equipos y determinar tendencias. Lo anterior significa realizar análisis con cierta periodicidad, no obstante los que se hagan en forma puntual u ocasional también pueden servir en la evaluación de un estado o una falla.

Este trabajo constituye una excelente herramienta, ya sea para implementar u optimizar la Gestión de Lubricación en cualquier empresa, pues entrega la información básica de lubricación y detalla los pasos a seguir en la selección, aplicación y control de la lubricación. También se proporciona información relativa a los análisis que se le pueden efectuar a los aceites, complementando con lo que significa cada resultado, y adicionalmente se entrega información relacionada con las principales empresas que en Chile en la actualidad prestan estos servicios.

Es importante manifestar que cuando se quiera establecer un Sistema de Gestión de Lubricantes en la empresa, este debe contar con el apoyo de la Gerencia, y además se debe tener un compromiso de todos los participantes en esta tarea, para que en realidad se sigan los procedimientos establecidos. Este punto es de suma importancia ya que cualquier cambio que el Ingeniero realice por muy bien proyectado que este sea, si no se tiene el apoyo o la motivación del personal para realizar las tareas de buena manera, el proyecto finalmente no rendirá los resultados esperados.

Para ello el Profesional deberá mantener a la Gerencia y al personal informado, de los cambios o mejoras en cuanto a lubricación se refiere, y dar a entender con claridad los procedimientos y los beneficios que aporta.

5.2 Bibliografía

- [1] Cea, P *“Curso de Lubricación”, Desarrollo y Servicios, Chile, 1997.*
- [2] Departamento de Medio Ambiente del Reino Unido *“Gestión Eficaz de Aceites y Lubricantes”, Edición IHOBE. Impresión BEREKINTZA, 2002.*
- [3] Duffuaa, Rafou D. *“Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control”, 1° Edición, Editorial LIMUSA SA, México, 2002.*
- [4] Eduardo, Benítez Hernandez *“La tribología como herramienta de dirección en el Mantenimiento” Artículos Lubricación Noria, 2003.*
- [5] Faires, Virgil *“Diseño de Elementos de Máquina”, 2° Edición, Editorial LIMUSA SA, México, 2001.*
- [6] Gallardo, Jaime F. *“Lubricación de elementos de máquinas”, Tesis de Ingeniero (E) Mecánico, Valdivia, Chile, 1996.*
- [7] Mella, Hermes J. *“Plan de Lubricación con aplicación de Software SAP, Módulo Mantención, en la Empresa MASISA Planta Puschmann”, Tesis Ingeniero Mecánico, Valdivia, Chile, 2002.*
- [8] Parker Filtration *“Filtración Hidráulica”, Manual Técnico, 2002*
- [9] Reber, Joel *“Conoco Lubricants & Specialty Products, Mantenimiento Proactivo y Análisis de aceite”, Artículos lubricación Noria, 2000.*
- [10] SHELL Chile *“Lubricantes y Lubricación”, Manual de Gerencia y Soporte Técnico, 1999.*
- [11] SHELL Chile *“Lubricación Industrial”, Manual de Gerencia y Soporte Técnico, 2001.*
- [12] SHELL Chile *“Análisis de Aceite y Fuentes de Contaminación”, Manual de Gerencia y Soporte Técnico Servicio de Diagnostico de Equipos, 2002.*
- [13] Sward, Knut *“Mantenimiento de las máquinas herramientas”, 1ª Edición, Editorial BLUME, Barcelona, 1972.*
- [14] Trujillo, Gerardo *“El Mantenimiento Proactivo como una herramienta para extender la vida de sus equipos”, Artículos Lubricación Noria, 2003.*

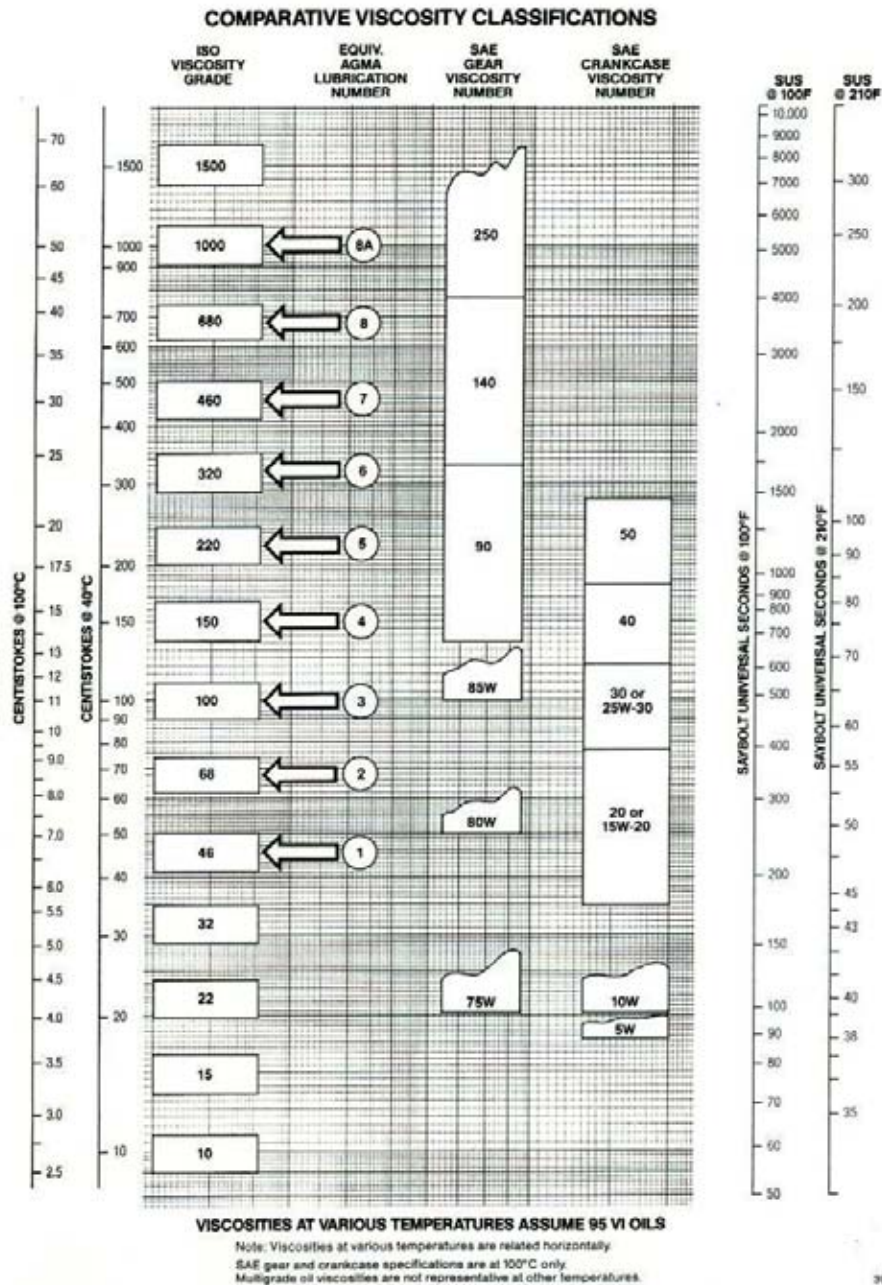
Referencia electrónica

[15] www.mantenimientomundial.com

[16] www.noria.com

Anexo A

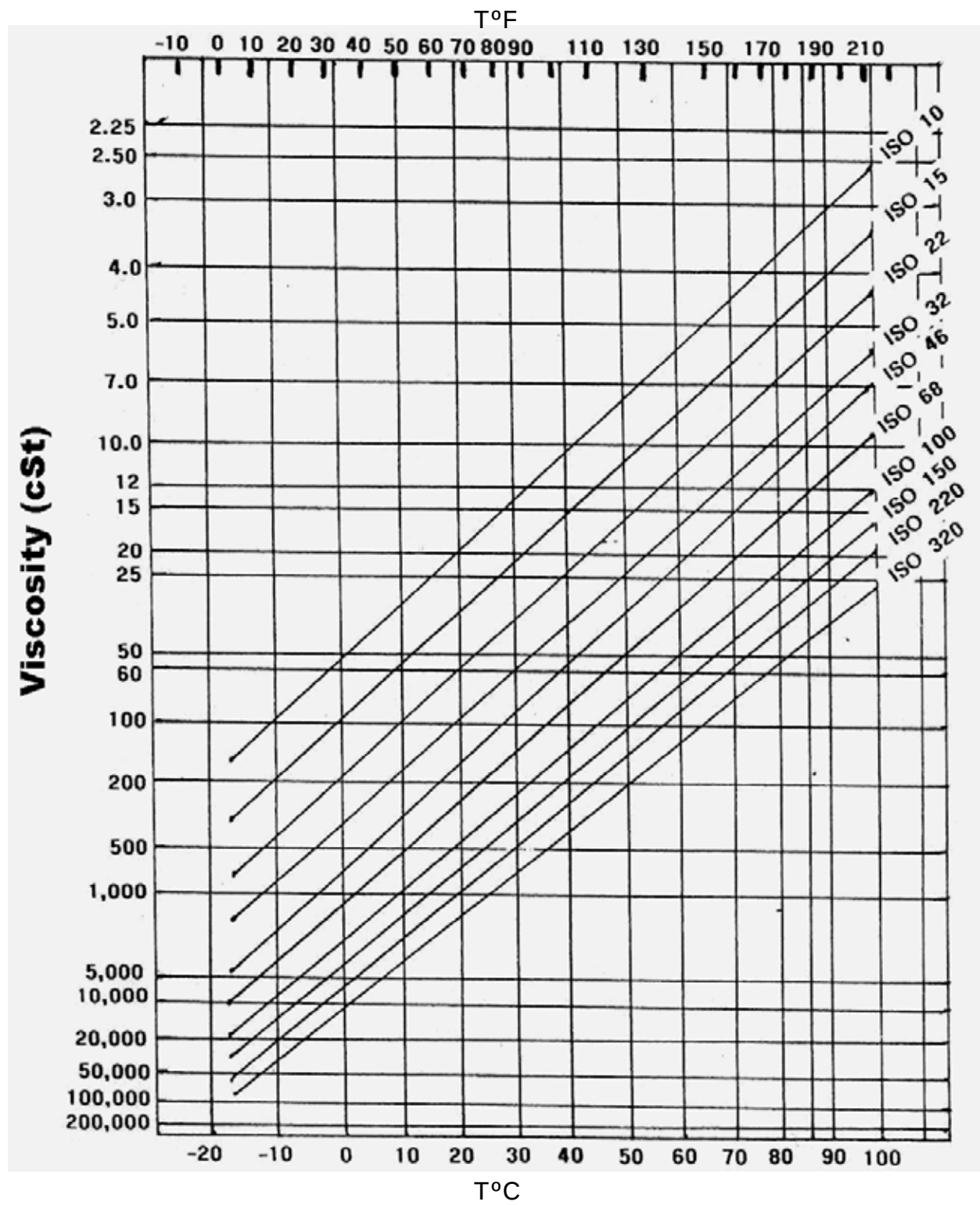
Tabla de Comparación de Viscosidades



Para homologar distintos grados de viscosidad de aceite se ubica primero el grado del aceite que se está utilizando, si este fuera por ejemplo un SAE 90, en la tabla se ubica este grado y se desliza horizontalmente hasta encontrar el grado ISO correspondiente. En este caso el SAE 90 cae en varias categorías ISO, estas son ISO 320, 220 y 150.

Anexo B

Tabla Viscosidad v/s Temperatura



Anexo C

INFORME DE GESTIÓN DE ACEITE

ELEMENTO DE PLANTA	
SITUACIÓN	
ACEITE UTILIZADO ACTUALMENTE	
LITROS DEPOSITO DE ACEITE	
ESTIMACION DEL CONSUMO ANUAL	
PUNTO DE LLENADO	
NOTAS	

INFORME DE GESTIÓN DE ACEITE

ELEMENTO DE PLANTA	
SITUACIÓN	
ACEITE UTILIZADO ACTUALMENTE	
LITROS DEPOSITO DE ACEITE	
ESTIMACION DEL CONSUMO ANUAL	
PUNTO DE LLENADO	
NOTAS	

INFORME DE GESTIÓN DE ACEITE

ELEMENTO DE PLANTA	
SITUACIÓN	
ACEITE UTILIZADO ACTUALMENTE	
LITROS DEPOSITO DE ACEITE	
ESTIMACION DEL CONSUMO ANUAL	
PUNTO DE LLENADO	
NOTAS	

Anexo D

Hoja de utilización de lubricante

[illegible]

Anexo E

Empresas dedicadas al rubro de la Lubricación y Análisis de Aceite en Chile

- **Ecoclean S.A.:** *Es una empresa orientada a otorgar soluciones económicas, modernas limpias y que cumplan con las normas ambientales vigentes a las empresas en ámbito de sus residuos.*

Ubicación: Las Esteras Sur 2820, Quilicura, Santiago

Teléfono: (02) – 9409000

- **Ingelube S.A.:** *Una de las pocas empresas dedicadas en forma independiente a la tribología, ofreciendo un servicio orientado a solucionar problemas de lubricación como apoyo a la gestión de mantenimiento predictivo proactivo. Presta servicios de análisis de aceite, capacitación y elementos de análisis de laboratorio portátiles los cuales pueden utilizarse en terreno.*

Ubicación: Avda. Américo Vespucio 2760, Conchalí, Santiago

Teléfono: (2) – 4201450

- **Kluber Chile Ltda.:** *Empresa dedicada a la asesoría de lubricación y a las ventas de sus productos, cuenta con una amplia gama de productos y especialistas dedicados a resolver problemas referentes a la lubricación de elementos de máquina.*

Ubicación: Avda. Pdte. Eduardo Frei Montalva 9950, Quilicura, Santiago

Teléfono: (02) – 7471188

- **Shell Chile:** *Empresa que cuenta con una gran gama de equipos para realizar análisis de aceite, además de poseer un equipo especializado llamado Servicio de Diagnostico de Equipos (SDE) el cual se encarga de asesorar a los clientes en los temas concernientes a la lubricación industrial y los análisis de aceite, además de conceder capacitación a las empresas que así lo requieran.*

Ubicación: Camino a Melipilla 11820, Maipú, Santiago

Teléfono: (02) - 5573531

- Solfeo Ltda.: *Dedicada a la gestión de residuos industriales y al transporte de residuos.*

Ubicación: Avda. Chile Norte 608, Agua Santa, Viña del Mar

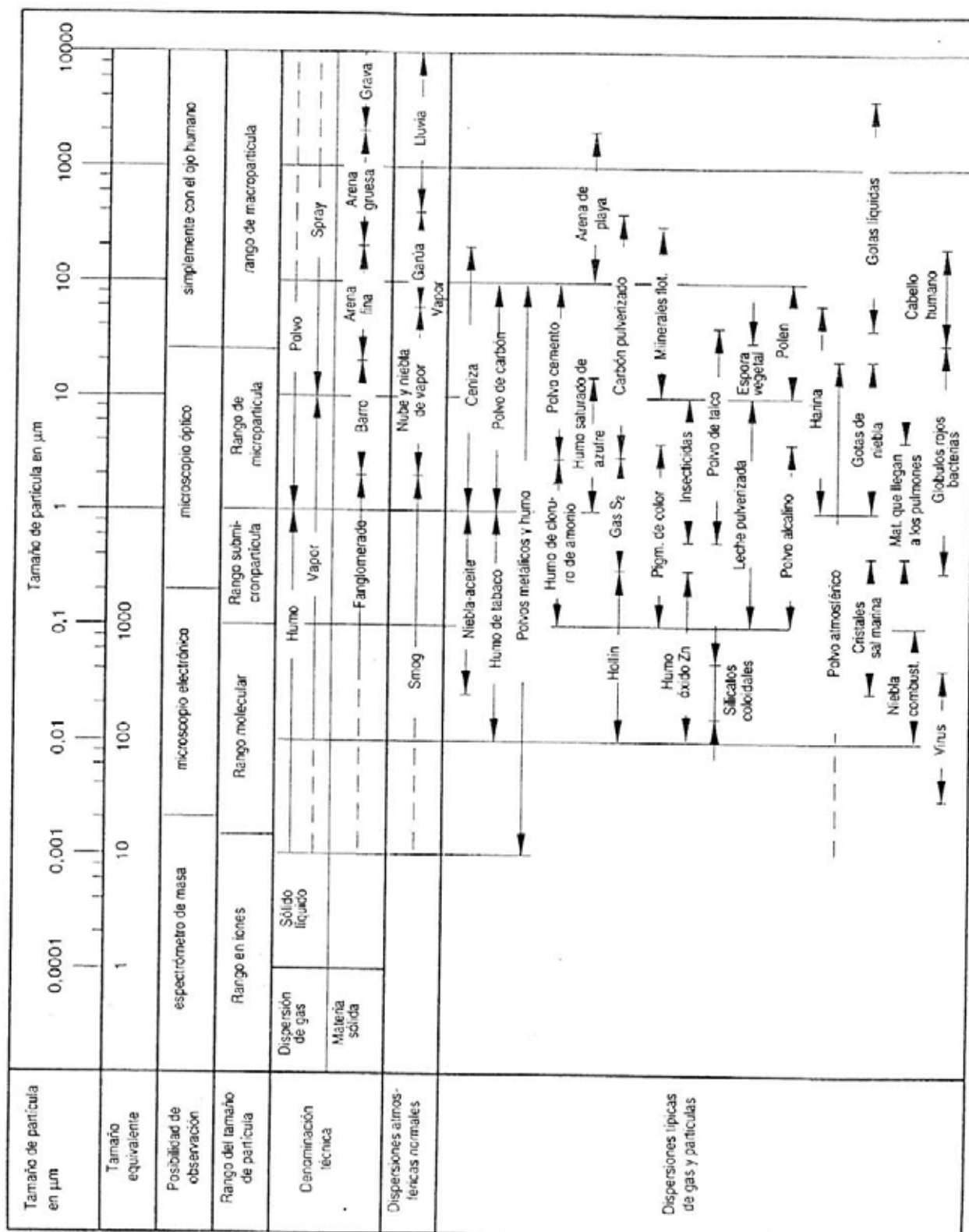
Teléfono: (32) - 738101

- Ventec S.A.: *Empresa dedicada al rubro de la asesoría de Lubricación Industrial, que cuenta con laboratorios de análisis de aceite para realizar las pruebas principales en estos, además cuenta con servicios de capacitación para personal de empresas que así lo requieran.*

Ubicación: El Rosal 4590, Huechuraba, Santiago

Teléfono: (02) - 7409090

Anexo F



Anexo G

Declaración de Disposición Final de Residuos Industriales

GENERADOR					
Nombre o Razón Social				RUT	
Representante legal				RUT	
Dirección		Comuna		Teléfono	
Tipo de residuo					
Tipo y N° de envases		Volumen por envases		Volumen total	
N° Resolución de Autorización de disposición de predio		Fecha Resolución		Servicio de Salud Emisor	
Firma responsable del despacho de la resa		Fecha del despacho		Hora despacho	

TRANSPORTISTA					
Nombre o Razón Social				RUT	
Representante legal				RUT	
Dirección		Comuna		Teléfono	
Tipo de residuo					
Tipo y N° de envases		Volumen por envases		Volumen total	
N° Resolución de Autorización de disposición de predio		Fecha Resolución		Servicio de Salud Emisor	
Marca vehículo		Modelo:		Año	Patente:
Nombre conductor 1			RUT		Licencia
Nombre conductor 2			RUT		Licencia
Ruta a seguir					
Firma conductor responsable				Fecha	

RECEPTOR					
Nombre o Razón Social				RUT	
Representante legal				RUT	
Dirección		Comuna		Teléfono	
Tipo de residuo					
Tipo y N° de envases		Volumen por envases		Volumen total	
N° Resolución de Autorización de disposición de predio		Fecha Resolución		Servicio de Salud Emisor	
Firma conductor responsable				Fecha	

Anexo H

Resolución Ambiental emitida por el Servicio de Salud de Valdivia

MINISTERIO DE SALUD
 DÉCIMA REGIÓN DE LOS LAGOS
 SERVICIO DE SALUD VALDIVIA
DEPTO. PROG. SOBRE EL AMBIENTE
 SALUD OCUPACIONAL
 DR. RGS/DR. HATH/SR RRG/SE MRA

RESOLUCION N°. 1440VALDIVIA, 14 DIC. 1993

Vistos estos antecedentes : El alto riesgo para la salud de las personas y medio ambiente que generan los aceites usados ; Lo establecido en el Párrafo II, Art. 90° del DFL 725 del 31 de Enero de 1968, que Aprobó el Código sanitario ; El Párrafo III de la Disposición de los Residuos Industriales Sólidos y Líquidos, Art. 15°, 16°, 17°, 18° y 19° del decreto Supremo N° 745 del 23 de Julio de 1992, Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo y teniendo presente las atribuciones que me confiere, en virtud de lo prescrito en el Decreto Ley N° 2763 de 1979, los Decretos Supremos N° 42 de 1986 y N° 765 de 1994 del Ministerio de Salud, dicto la siguiente :

RESOLUCIÓN

- 1.- PROHIBASE a contar de esta fecha, el derrame de aceites y lubricantes usados de motores de combustión interna, en caminos rurales, calles y pasajes de la provincia de Valdivia, por constituir un alto riesgo para la salud y el medioambiente.
- 2.- PROHIBASE la tenencia y almacenamiento de aceites y lubricantes usados en talleres, estaciones de servicio, servicentros, lubricentros, talleres de empresas de transporte y otros.
- 3.- DISPÓNGASE la obligatoriedad de los responsables de talleres, estaciones de servicio, servicentros, lubricentros, talleres de empresas de transporte y otros, de entregar a empresas o instituciones de reciclaje o tratamiento y disposición final de estos residuos, autorizados por el Servicio de Salud, mediante contrato entre ambas partes.
- 4.- ESTA Dirección de Servicio de Salud fiscalizará el cumplimiento de la presente Resolución por Personal del Departamento Programas Sobre el Ambiente.
- 5.- EL INCUMPLIMIENTO a la presente Resolución será sancionado de acuerdo al Libro X del Código Sanitario.
- 6.- LA PRESENTE Resolución, en su punto número uno, entrará en vigencia de inmediato. Los puntos número dos y tres entrará en vigencia a contar del 01 de Enero de 2000.



DISTRIBUCIÓN
 INTERESADO
 DPA. SERV. SALUD VALDIVIA
 ARCHIVO SALUD OCUPACIONAL (2)

Anexo I

Descripción Grasa Alvania EP de según catálogo SHELL

ALVANIA EP es una familia de grasas a base de jabón de litio, multipropósito, de extrema presión, formulada sin el empleo de compuestos de plomo para satisfacer las exigencias ecológicas y sanitarias. Poseen una elevada estabilidad mecánica y óptimas características antiherrumbre y anticorrosión. Su particular aditivación les confiere excelente resistencia a la oxidación. Aseguran una óptima protección antidesgaste gracias a sus propiedades EP [10].

Se recomienda ALVANIA EP para lubricar cojinetes lisos y de rodamientos sometidos a vibraciones y a altas cargas de impacto que operan en un largo rango de temperaturas y en presencia de humedad.

Su gran resistencia al lavado por agua las hacen particularmente adecuadas para equipos tales como; los elementos húmedos de las máquinas de papel y equipos de minería o excavación de túneles, donde las condiciones de trabajo en ambientes de humedad son comunes. También pueden ser empleadas con numerosas ventajas en la lubricación de guías, correderas y levas [10].

El rango de temperatura de operación recomendado va desde -20 °C a 130 °C, pero pueden ser utilizadas a temperaturas superiores si se establece un periodo de engrase adecuado.

- ALVANIA EP 0 y 1; son grasas blandas de grados NLGI 0 y 1 respectivamente. Proporcionan una buena bombeabilidad a bajas temperaturas siendo, por lo tanto, adecuadas para sistemas de engrase centralizados y todas aquellas aplicaciones en las que se requieren buenas prestaciones a baja temperatura [10].

- ALVANIA EP 3 es una grasa adherente de grado NLGI 3 recomendada para aquellas aplicaciones donde se requiere la máxima protección contra contaminantes tanto líquidos como sólidos [10].

Anexo J

Confección del Plan de Lubricación

a. Descripción de la planta MASISA S.A. Chillán: la planta cuenta con una serie de equipos entre los cuales se encuentran Sierras Circulares, Moldureras, Perforadoras, Equipos de radio frecuencia (RF), Prensas hidráulicas, Lijadoras de tambor, Paneleras, Trituradores entre otros. Como se dijo con anterioridad la planta MASISA S.A. situada la Ciudad de Chillán, esta se encarga de la fabricación de puertas, pero básicamente en esta sucursal las puertas se ensamblan ya que la materia prima, como madera cortada en listones, llega desde la ciudad de Cabrero, en donde existe otra planta de MASISA S.A. que es la encargada elaborar la madera base para el ensamblado de puertas. Como dato anexo se puede decir que la mayor parte de las puertas fabricadas en esta planta (99%), se exportan al mercado Norte Americano, y al año se fabrican cerca de un millón de puertas.

A continuación se entregará un listado de la maquinaria que se encuentra en la planta MASISA S.A. Chillán.

b. Listado de Equipos en planta y descripción

1. ENCHAPADORA 1 (RF): equipo encargado de pegar la chapa u tabla de madera delgada sin imperfecciones, la cual se adhiere a la superficie del listón de madera imperfecto.
2. ENCHAPADORA 2 (RF)
3. PANELERA 1: equipo encargado de unir por medio de pegamento los listones de madera formando de esta manera un panel uniforme en sus dimensiones.
4. PANELERA 2
5. RIP SAW 1: dispositivo que se compone de una serie de sierras circulares de alto rendimiento encargada de cortar la madera para dimensionarla.
6. RIP SAW 2

7. RIP SAW 3
8. RIP SAW 4
9. SAMCO 1: serrucho eléctrico que se compone de una mesa en donde va montado y un dispositivo neumático para su accionamiento
10. SAMCO 2
11. SAMCO 8
12. KVAL 1: serrucho eléctrico que se compone de una mesa en donde va montado y un dispositivo neumático para su accionamiento
13. KVAL 2
14. KVAL 3
15. LIJADORA 1: equipo encargado de lijar la madera en proceso de acabado con el fin de eliminar el máximo de imperfecciones en la superficie de la madera. Cada una de las lijadoras va mejorando el acabado superficial de la madera, o sea se empieza lijando la madera con un grano mediano hasta llegar al grano mas fino en donde la madera queda terminada.
16. LIJADORA 2
17. LIJADORA 3
18. LIJADORA 4
19. LIJADORA 5
20. LIJADORA 6
21. TENNONER 1A: moldurera de múltiples herramientas de corte, en donde el listón queda moldurado por todos sus costados.
22. TENNONER 1B
23. TENNONER 2
24. TENNONER 3A
25. TENNONER 3B
26. TENNONER 4
27. TENNONER 5
28. PERFORADORAS 1: dispositivos de taladrado de alto rendimiento para madera.
29. PERFORADORAS 2

- 30. PERFORADORAS 3
- 31. PERFORADORAS 4
- 32. MOLDURERAS 2. Moldureras simples, en donde el listón de madera se ejecuta una moldura por dos de sus costados.
- 33. MOLDURERAS 3
- 34. MOLDURERAS 4
- 35. CHALLONER: equipo multitarea, el cual cumple las funciones de moldurera, perforadora, y encoladora a la vez.
- 36. PRENSAS 1: equipo que se utiliza para juntar todas las uniones de las puertas una vez encoladas estas.
- 37. PRENSAS 2
- 38. PRENSAS 3
- 39. PRENSAS 4
- 40. CICLON 1: sistema de decantación de aserrín de todos los equipos que generan este tipo de material.
- 41. CICLON 2
- 42. EXTRACTOR 1: sistema de extracción del aserrín generado por los equipos de la planta.
- 43. EXTRACTOR 2
- 44. EXTRACTOR 3
- 45. VALVULA AIRLOCK 1: válvula encargada de controlar el paso de aserrín desde el ciclón al transportador de paleta y finalmente al silo.
- 46. VALVULA AIRLOCK 2
- 47. TRANSP. DE PALETA: Dispositivo de transporte de aserrín desde la válvula Airlock hasta el silo
- 48. SILO: sistema de almacenaje de aserrín.
- 49. COMPRESOR 1: equipo destinado a surtir de aire comprimido a los equipos y al personal que lo requiera.
- 50. COMPRESOR 2
- 51. COMPRESOR 3
- 52. COMPRESOR 4
- 53. COMPRESOR ATLAS COPCO 1

54. COMP. ATLAS COPCO 2

55. LAVADORA DE LIJAS: dispositivo encargado de limpiar las lijas utilizadas en el proceso de lijado.

56. PLASTIFICADORA DE PUERTAS: equipo utilizado para plastificar las puertas, con el fin de protegerlas de la humedad y otros agentes perjudiciales durante el viaje de exportación.

57. TRITURADOR DE ASTILLAS: equipo utilizado para triturar las astillas que se producen en el proceso productivo de la planta con el fin de que estas reduzcan su tamaño y sean manejables, para su posterior reutilización o eliminación.

C. Elaboración del Plan de Lubricación

Lo siguiente es dar a conocer algunos lineamientos en la elaboración de un plan de lubricación, tomándose como ejemplo el *Triturador de Astillas de Madera* marca WSM. Este se ha desglosado en tres sistemas:

1.Sistema de alimentación: Sus partes principales son un reductor motriz, una cadena de transmisión, un motor eléctrico y una correa transportadora con un rodillo loco y otro motriz.

2.Sistema de vibración: Lo conforma un motor eléctrico, y un eje excéntrico el cual le da la vibración a la correa transportadora, para que todo el material ingrese al triturador propiamente tal.

3.Sistema de astillado: Es el triturador propiamente, tal posee dos rodillos con puntas metálicas los cuales despedazan las astillas de madera, también posee un reductor motriz con una cadena de transmisión.

Lo que sigue es elaborar una base de datos siguiendo los pasos descritos en la sección 3.7.2. En el cuadro N°1 se puede apreciar la plantilla (base de datos) con toda la información referente al equipo y a la lubricación de cada elemento.

			EQUIPO :TRITURADOR ASTILLAS					
			UBICACION: Ubicación en Planta				MARCA: WSM	
SISTEMA	COMPONENTE	PTOS LUB.	LUBRICANTE	TIPO	MÉTODO	CONSUMO	TIEMPO (min)	PERIODO (Hrs)
ASTILLADO	CADENA TRANS.	1	Aceite XX	ACEITE	MANUAL	N litros	20	100
ASTILLADO	SOPORTES	4	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	200
ASTILLADO	REDUCTOR MOTRIZ	1	Aceite XX	ACEITE	MANUAL	N litros	10	400
ALIMENTACION	RODAM. MOTOR ELEC.	2	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	100
ALIMENTACION	SOPORTES	2	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	100
ALIMENTACION	ACOPLAMIEN.T.	1	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	20	100
VIBRACION	RODAM. EJE	4	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	20	100
VIBRACION	CADENA DE TRANSMISION	1	Aceite XX	ACEITE	MANUAL	N litros	20	100

Total grasa: NN gramos

Total aceite: NN litros

Total tiempo: 120 minutos

En la primera columna de la izquierda, se ubica “Sistema”; en donde se sitúa el conjunto al cual pertenece el punto en este caso se tienen tres; el de Astillado, de Alimentación y Vibración (ver cuadro N°1).

En la columna “Componentes”, debe ir el elemento específico que será lubricado por el personal encargado.

En la columna “Puntos de Lubricación”; se disponen los puntos a lubricar, por ejemplo si el sistema es el de “Astillado” y el componente son los “Soportes” de los ejes, los puntos a lubricar son “4”, esto nos indica que existen dos ejes, uno para cada rodillo, los cuales tienen 2 soportes cada uno, y que deben ser lubricados.

La columna que sigue es “Lubricante”; en esta se designa el nombre completo del lubricante y si es necesario su marca comercial.

En la columna “Tipo” se indica la clase de lubricante a utilizar; grasa, aceite u otro.

En la columna “Método”, se indica la manera en que el personal lubricará dicho punto; este puede ser manual, automático o por vaso lubricador, esto dependerá del tipo de maquinaria. En algunos casos cuando el sistema es centralizado y automático, el lubricador lo que hace es llenar o rellenar el recipiente en donde va situado el lubricante para alimentar dicho sistema centralizado, en el caso que sea método manual, el lubricador puede utilizar un sinnúmero de formas para lubricar el punto, esto lo puede ejecutar con una brocha o una pistola engrasadora entre otras.

En la columna “Consumo” se indica la cantidad de lubricante que se utilizará en la lubricación del elemento (punto de lubricación), este consumo puede indicarse en litros, gramos, latas de lubricante, etc. o en el caso de una bomba manual de engrasar, se puede indicar la cantidad de bombeos que debe ejecutar el lubricador para que el punto quede lubricado correctamente.

En la columna “Tiempo” se indica la cantidad de minutos u horas o días que el lubricador demora en lubricar el componente del equipo, como se dijo con anterioridad este parámetro puede variar con la puesta en marcha del plan. El tiempo que demora el personal en lubricar el elemento se obtiene de forma

empírica, y considera todo el trabajo previo que debe realizar el personal para llegar a lubricar el elemento. Por ejemplo si debe lubricar una cadena; primero se deberá retirar la protección de esta, y luego lubricar. En este caso el tiempo a considerar sería el lapso que va desde el retiro de la protección, siguiendo con la lubricación del elemento, y termina, cuando se dispone la protección en su lugar. En el caso que el personal no deba retirar elementos del equipo para llegar al lugar de lubricación, el tiempo solo será el que demora el lubricador en disponer el lubricante en el sitio indicado.

En la columna “Período “ se indica la frecuencia de lubricación, esta se puede designar en horas, semanas, días o en la unidad que se estime conveniente. En el ejemplo descrito la información acerca de la frecuencia de lubricación se consulto al personal de mantenimiento, ya que ellos son los que lubrican los componentes según las necesidades pero no en base a un Plan de Lubricación.

Además de todos los datos nombrados anteriormente se debe indicar una pequeña descripción de la máquina a la cual pertenecen los componentes a lubricar (marca, modelo etc.) y su ubicación en la planta.

Finalmente se ubican en la última fila los totales de los parámetros cuantitativos, como por ejemplo los kilos de grasa, el tiempo etc. Esto le dará información valiosa al Profesional para obtener los costos totales de la operación.

En conjunto todos los datos indicados en el cuadro N°1 describen información relevante para que el lubricador cumpla su función de buena forma. Se pueden agregar otras columnas a la base de datos del Plan de Lubricación, como por ejemplo, el o los nombres de los lubricadores en el caso de que hubiera mas de un lubricador en planta, u otros datos relevantes para el Planificador.

d. Confección de las Rutas de Lubricación

Para la confección de las rutas de lubricación, el parámetro a tomar en cuenta es el tiempo que el lubricador requiere para lubricar los puntos, junto con

la frecuencia de lubricación de los puntos. Con estos datos se cuadra la hoja diaria. En el caso de que no sea necesario lubricar estrictamente según la frecuencia preestablecida, esta se podrá aplazar o adelantar como máximo 24 horas la lubricación del elemento, para que la hoja de ruta este bien balanceada en cuanto a cargas de trabajo y frecuencia. Cuando se obtiene el total de tiempo que demora el personal en lubricar todos los puntos diarios, se suma a este también el tiempo de traslado del lubricador de un punto a otro, ya que puede suceder que los equipos a lubricar estén en lugares muy alejados, esto toma especial connotación cuando se trabaja en una Planta de gran envergadura.

Volviendo al ejemplo del Triturador de Astillas, si se empieza a lubricar el primer día del mes o sea el día 1 y se termina con el día 30. Entonces se determina que el día 1 se lubricarán todos los componentes del equipo (ver cuadro N°2).

Además se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Se asume que es una planta que trabaja en dos turnos de 8 horas diarias.
- La frecuencia de lubricación para los puntos que deben ser lubricados cada 100 horas debe ser cada 6 días aproximadamente.
- La frecuencia de lubricación para los puntos que deben ser lubricados cada 200 horas será cada 12 días.
- La frecuencia de lubricación para los puntos que deben ser lubricados cada 400 horas será cada 25 días, pero para cuadrar la hoja de ruta se dejará cada 24 días, ya que 24 es múltiplo de 6, así siempre algún punto del equipo se lubricara cada 6 días, esto ayuda al orden en la lubricación de los equipos.
- Primero se elaborará una base de datos para cada día de lubricación del equipo (ver cuadros del N°2 al N°7). Quedando la ruta mensual como sigue:

Cuadro N°2 Día 1 base de datos para el Triturador WSM

			EQUIPO :TRITURADOR					
			UBICACION: Ubicación en Planta				MARCA:WSM	
SISTEMA	COMPONENTE	PTOS LUB.	LUBRICANTE	TIPO	MÉTODO	CONSUMO	TIEMPO (min)	PERIODO (Hrs)
ASTILLADO	CADENA TRANS.	1	Aceite XX	ACEITE	MANUAL	N litros	20	100
ASTILLADO	SOPORTES	4	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	200
ASTILLADO	REDUCTOR MOTRIZ	1	Aceite XX	ACEITE	MANUAL	N litros	10	400
ALIMENTACION	RODAM. MOTOR ELEC.	2	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	100
ALIMENTACION	SOPORTES	2	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	100
ALIMENTACION	ACOPLAMIENTO	1	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	20	100
VIBRACION	RODAM. EJE	4	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	20	100
VIBRACION	CADENA DE TRANSMISION	1	Aceite XX	ACEITE	MANUAL	N litros	20	100
TIEMPO TOTAL: 120 min TOTAL GRASA: NN gramos TOTAL ACEITE: NN litros								

Cuadro N°3 Día 6 base de datos para el Triturador WSM

			EQUIPO :TRITURADOR					
			UBICACION: Ubicación en Planta				MARCA:WSM	
SISTEMA	COMPONENTE	PTOS LUB.	LUBRICANTE	TIPO	MÉTODO	CONSUMO	TIEMPO (min)	PERIODO (Hrs)
ASTILLADO	CADENA TRANS.	1	Aceite XX	ACEITE	MANUAL	N litros	20	100
ALIMENTACION	RODAM. MOTOR ELEC.	2	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	100
ALIMENTACION	SOPORTES	2	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	100
ALIMENTACION	ACOPLAMIENTO	1	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	20	100
VIBRACION	RODAM. EJE	4	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	20	100
VIBRACION	CADENA DE TRANSMISION	1	Aceite XX	ACEITE	MANUAL	N litros	20	100
TIEMPO TOTAL: 100 min TOTAL GRASA: NN gramos TOTAL ACEITE: NN litros								

El cuadro N°3 muestra los puntos a lubricar cada 6 días. Estos volverán a lubricarse los días 12, 18, 24 y 30.

Cuadro N°4 Día 12 base de datos para el Triturador WSM

			EQUIPO :TRITURADOR					
			UBICACION: Ubicación en Planta				MARCA:WSM	
SISTEMA	COMPONENTE	PTOS LUB.	LUBRICANTE	TIPO	MÉTODO	CONSUMO	TIEMPO (min)	PERIODO (Hrs)
ASTILLADO	CADENA TRANS.	1	Aceite XX	ACEITE	MANUAL	N litros	20	100
ASTILLADO	SOPORTES	4	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	200
ALIMENTACION	RODAM. MOTOR ELEC.	2	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	100
ALIMENTACION	SOPORTES	2	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	100
ALIMENTACION	ACOPLAMIENTO	1	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	20	100
VIBRACION	RODAM. EJE	4	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	20	100
VIBRACION	CADENA DE TRANSMISION	1	Aceite XX	ACEITE	MANUAL	N litros	20	100
TIEMPO TOTAL: 110 min TOTAL GRASA: NN gramos TOTAL ACEITE: NN litros								

El cuadro N°4 incluye los puntos que se deben lubricar cada 6 días y los que se lubrican cada 12 días.

Cuadro N°5 Día 18 base de datos para el Triturador WSM

			EQUIPO :TRITURADOR					
			UBICACION: Ubicación en Planta				MARCA:WSM	
SISTEMA	COMPONENTE	PTOS LUB.	LUBRICANTE	TIPO	MÉTODO	CONSUMO	TIEMPO (min)	PERIODO (Hrs)
ASTILLADO	CADENA TRANS.	1	Aceite XX	ACEITE	MANUAL	N litros	20	100
ALIMENTACION	RODAM. MOTOR ELEC.	2	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	100
ALIMENTACION	SOPORTES	2	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	100
ALIMENTACION	ACOPLAMIENTO	1	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	20	100
VIBRACION	RODAM. EJE	4	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	20	100
VIBRACION	CADENA DE TRANSMISION	1	Aceite XX	ACEITE	MANUAL	N litros	20	100
TIEMPO TOTAL: 100 min TOTAL GRASA: NN gramos TOTAL ACEITE: NN litros								

En el día 18 se incluyen solo los puntos a lubricar cada 6 días (ver cuadro N°5).

Cuadro N°6 Día 24 base de datos para el Triturador WSM

			EQUIPO :TRITURADOR					
			UBICACION: Ubicación en Planta				MARCA:WSM	
SISTEMA	COMPONENTE	PTOS LUB.	LUBRICANTE	TIPO	MÉTODO	CONSUMO	TIEMPO (min)	PERIODO (Hrs)
ASTILLADO	CADENA TRANS.	1	Aceite XX	ACEITE	MANUAL	N litros	20	100
ASTILLADO	SOPORTES	4	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	200
ASTILLADO	REDUCTOR MOTRIZ	1	Aceite XX	ACEITE	MANUAL	N litros	10	400
ALIMENTACION	RODAM. MOTOR ELEC.	2	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	100
ALIMENTACION	SOPORTES	2	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	100
ALIMENTACION	ACOPLAMIENTO	1	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	20	100
VIBRACION	RODAM. EJE	4	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	20	100
VIBRACION	CADENA DE TRANSMISION	1	Aceite XX	ACEITE	MANUAL	N litros	20	100
TIEMPO TOTAL: 120 min TOTAL GRASA: NN gramos TOTAL ACEITE: NN litros								

En el día 24 corresponde lubricar nuevamente todos los puntos (ver cuadro N°6).

Cuadro N°7 Día 30 base de datos para el Triturador WSM

			EQUIPO :TRITURADOR					
			UBICACION: Ubicación en Planta				MARCA:WSM	
SISTEMA	COMPONENTE	PTOS LUB.	LUBRICANTE	TIPO	MÉTODO	CONSUMO	TIEMPO(mi n)	PERIODO(Hr s)
ASTILLADO	CADENA TRANS.	1	Aceite XX	ACEITE	MANUAL	N litros	20	100
ALIMENTACION	RODAM. MOTOR ELEC.	2	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	100
ALIMENTACION	SOPORTES	2	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	10	100
ALIMENTACION	ACOPLAMIENTO	1	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	20	100
VIBRACION	RODAM. EJE	4	Grasa XX	GRASA	MANUAL	N gramos	20	100
VIBRACION	CADENA DE TRANSMISION	1	Aceite XX	ACEITE	MANUAL	N litros	20	100
TIEMPO TOTAL: 100 min TOTAL GRASA: NN gramos TOTAL ACEITE: NN litros								

En el día 30 corresponde lubricar los puntos que tienen una frecuencia de 6 días (ver cuadro N°7). Este orden seguirá para generar la ruta de lubricación.

Lo siguiente es elaborar una ruta de lubricación completa para el TRITURADOR WSM incluyendo las otras máquinas que se lubricaran junto con este equipo, para ello se elaborará una tabla en donde irán incluidos los tiempos de lubricación de cada equipo (ver cuadro N°8).

Cuadro N°8 Ruta de lubricación para los equipos

EQUIPOS	DIA 1	DIA 6	DIA 12	DIA 18	DIA 24	DIA 30
Triturador WSM	120	100	110	100	120	100
Prensas N°4	20	30	45	30	45	50
Prensas N°2	50	45	45	50	45	30
Lijadora N°1	30	30	50	50	50	30
Lijadora N°3	15	60	30	20	10	45
Enchapadora N°2	90	45	30	20	20	60
Samco N°8	20	30	30	30	45	30
Perforadora N°1	20	20	20	50	20	15
Perforadora N°3	30	20	15	50	50	20
TOTAL min.	395	380	375	400	405	380

La ruta de lubricación entregada en el cuadro N°8 se complementa con la información de las bases de datos incluidas en los cuadros anteriores, en donde se obtiene la cantidad de lubricante, puntos de lubricación etc. Con esto queda terminado el Plan de Lubricación para este equipo, lo siguiente es la puesta en marcha del plan, es necesario reiterar que este sufrirá inevitablemente algunas modificaciones luego de su puesta en marcha, ya que las variables que intervienen en este tipo de tarea son muchas y algunas incontrolables.

Anexo K

Toma de muestras de aceite

Existen dos métodos que han sido aceptados en la Industria para obtener muestras representativas de aceite:

- a. Drenado del aceite.
- b. Extracción del aceite.

a. Drenado del aceite: Este es el sistema más simple, sencillo y limpio para obtener una muestra de aceite. Cerciórese que la válvula de drenaje no se encuentre en un área ciega, donde pueda juntarse suciedad o haya aceite estancado.

- Procedimiento de Válvula:

- 1. Abra la válvula y permita que salga previamente una pequeña cantidad de aceite.
- 2. Ponga el frasco en el flujo de aceite.
- 3. Cuando el frasco esté por llenarse, cierre la válvula, tape el frasco de inmediato para evitar posible ingreso de contaminantes.
- 4. Identifique debidamente la muestra de aceite.

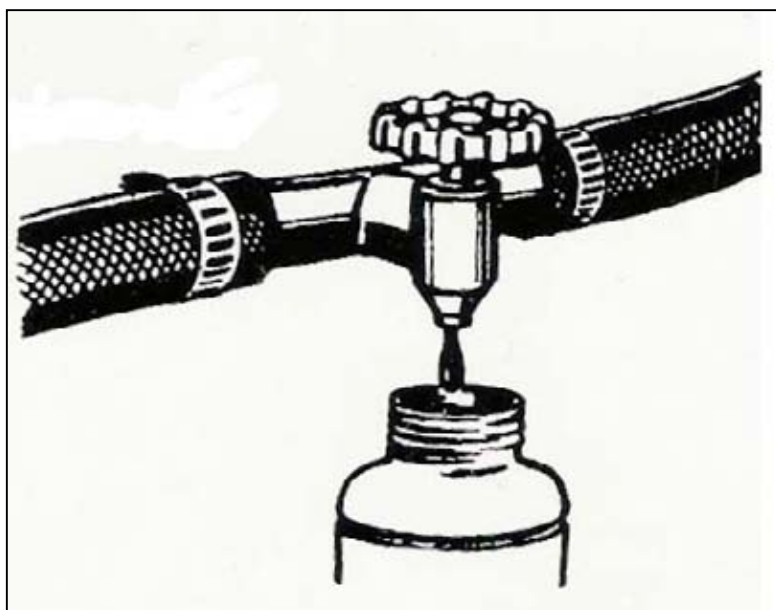


Figura N°2 Procedimiento de válvula

- Procedimiento por Purga o Drenado:

El tapón de drenaje puede ser usado en caso que no existan alternativas. Las muestras de aceite obtenidas por el drenaje pueden dar en forma artificial altas lecturas de suciedad, polvo ambiental, desgaste, etc. Por lo tanto se deben tener las siguientes precauciones.

1. Antes de esta operación, asegúrese que la temperatura del aceite sea soportada por la mano, de lo contrario podrá sufrir quemaduras y no podrá volver a colocar el tapón.
2. Limpiar profusamente el área de drenaje.
3. Retire el tapón de drenaje y. deje escurrir unos 200 a 300 cc.
4. Ponga el frasco en el flujo de aceite.
5. Cierre e identifique el frasco en forma inmediata.
6. Coloque el tapón de drenaje.
7. Limpie el área de manchas de aceite.

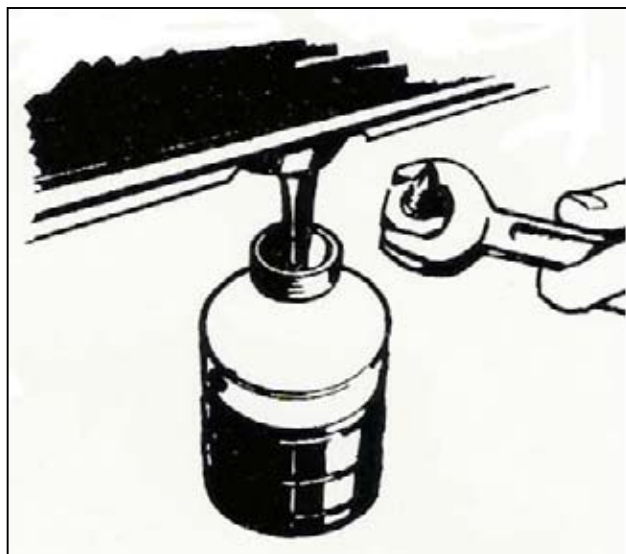


Figura N°3 Procedimiento por Purga o Drenado

b. Extracción del aceite: Este método puede ser usado en el caso que existan puntos disponibles para el muestreo. las mangueras deben ser utilizados solamente una vez.

- Procedimientos para muestreo por jeringa:

1. Para asegurar que la muestra de aceite obtenida no proviene del fondo del depósito (cárter), corte la manguera del largo y con el ángulo de la varilla de nivel de aceite.

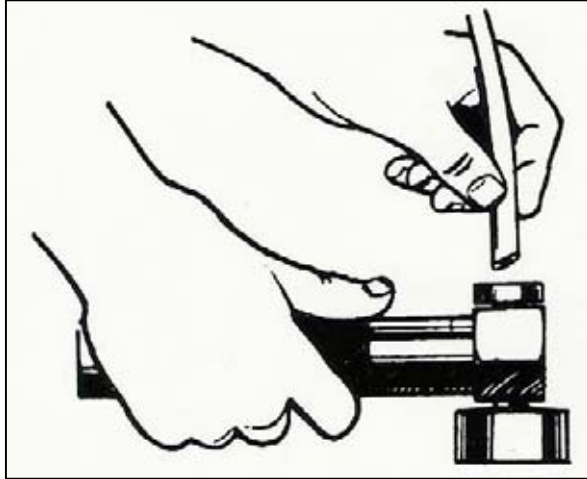


Figura N°4 Manguera para la toma de muestra

2. Tome la precaución que el punto de toma de muestra se encuentre limpio, libre de polvo ambiental, suciedad, barro, óxidos, etc.

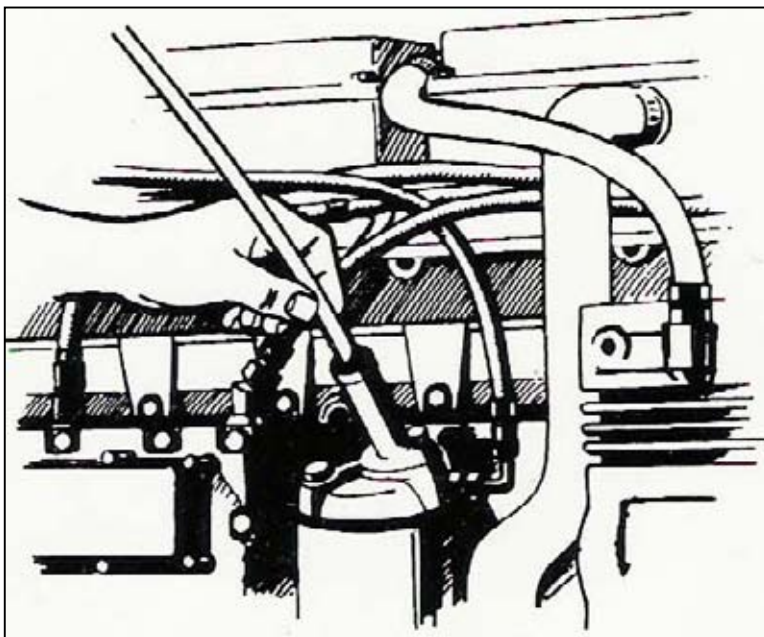


Figura N°5 Disposición de la manguera en el punto de extracción de aceite

3. El aceite debe estar caliente, si es posible el componente recién detenido.
4. Tire el pistón de la jeringa hacia atrás y llene el embolo, una vez lleno, vuelva hacia delante el pistón de la jeringa y vacíe el aceite en el frasco.
5. Repita esta operación hasta que el frasco del aceite se encuentre lleno.
6. Cierre el frasco e identifique con los datos de: tipo de aceite usado, componente, hrs. componente aceite, rellenos aceite(lts.).

- Procedimiento para Muestreo por Bomba:

Este método es más recomendable que el método de la jeringa, debido a que el aceite no entra en contacto con el cuerpo de la bomba. Esto elimina toda posibilidad de contaminación entre muestras de aceite.

1. Inserte alrededor de 2.5 cm de la manguera a través del cabezal de la bomba, atornille la rosca para dejar fija la manguera.
2. Atornille el frasco de la muestra de aceite en la parte inferior del cabezal de la bomba hasta formar un buen sellado.

3. Verifique que la muestra de la manguera quede metida a lo menos 5cm en el frasco, para que el aceite no contamine el cabezal de la bomba.
4. Verifique que el aceite de la unidad este caliente o si es posible, este haya sido recién detenida.

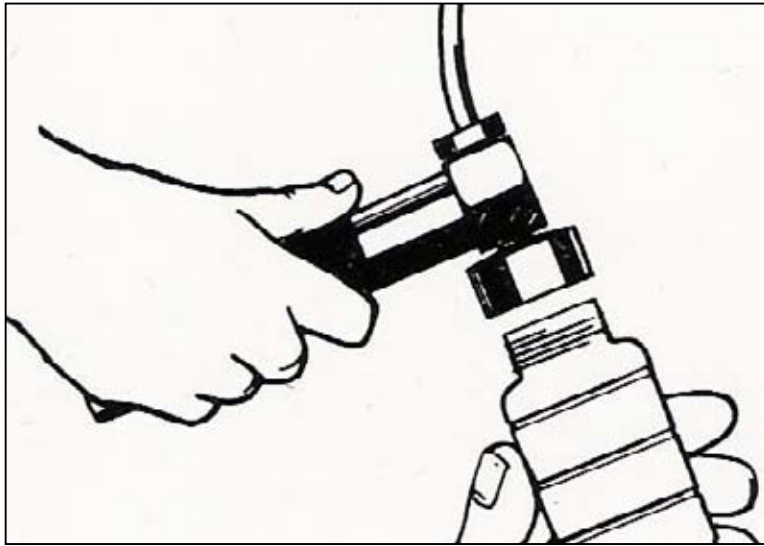


Figura N°6 Atornillado del frasco para la toma de la muestra

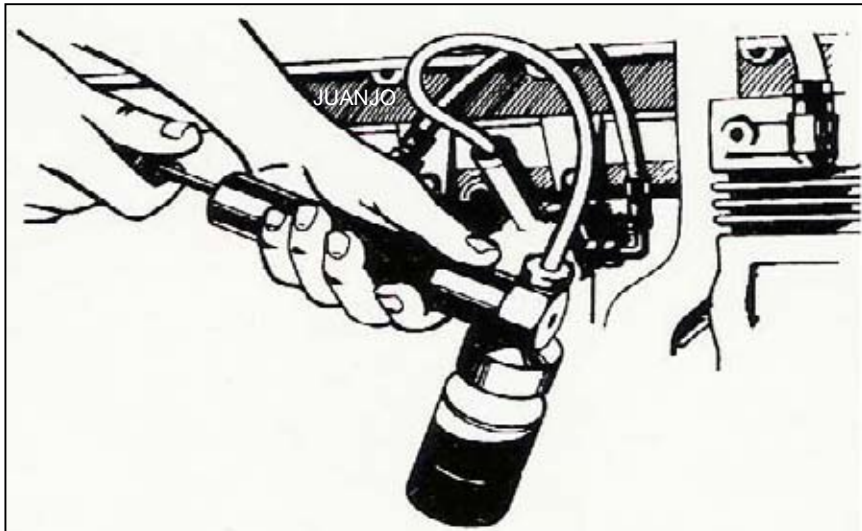


Figura N°7 Bombeo el aceite hacia el frasco

5. Retire la varilla de nivel y límpiela, vuélvala a insertar, retírela y mida nivel de aceite de la unidad.
6. Inserte la manguera en la vaina en la varilla de nivel.
7. Bombear hasta formar el vacío y el aceite comience a escurrir a través de la manguera hasta el frasco.
8. Cuando el nivel del aceite en el frasco llegue a tocar la manguera, accione el botón de la válvula de alivio para que cese el flujo de aceite.
9. Retire el frasco del cabezal, tape el frasco e identifique la muestra de aceite.

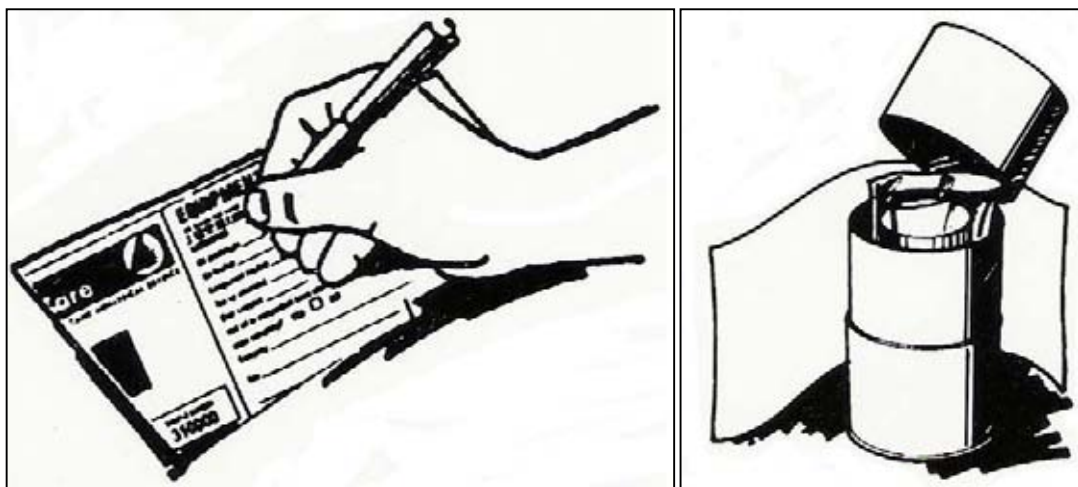


Figura N°8 Identificación de la muestra

10. Retire la manguera del cabezal y bótela al depósito de la basura, se recomienda no reutilizar.

Es importante mencionar que es recomendable mantener el frasco y la bomba, mientras se extrae la muestra en forma horizontal, para prevenir la entrada de aceite a la bomba. El tiempo óptimo para tomar una muestra de aceite es cuando el lubricante y la unidad han logrado su temperatura normal de operación. Esta modalidad de trabajo asegura que el contaminante se encuentra homogeneizado y en suspensión en el depósito del cárter. Es importante que el método seleccionado para tomar las muestras de aceite sea uniforme. Las variaciones pueden conducir a resultados inconsistentes.

Anexo L

Recomendaciones para la utilización del aceite usado

a.- Reacondicionamiento del aceite usado en planta

Si los aceites van a ser utilizados otra vez, deberán ser tratados de forma que recuperen su calidad inicial. Las bombas y los contenedores para el lubricante deberán mantenerse libres de contaminantes para mantener la calidad del aceite que se esta recuperando.

El aceite recuperado únicamente deberá ser de un tipo, ya que los lubricantes mezclados no pueden utilizarse para sus aplicaciones originales. Si el lubricante va a ser recuperado y reutilizado en el mismo elemento de la planta, deberá mantenerse separado del resto de los aceites recuperados, usados o vírgenes. Si se va a proceder a su recuperación, estos deberán estar disponibles en la cantidad suficiente como para que el sistema resulte rentable.

El procedimiento de reacondicionado del aceite debe redactarse dentro del sistema de Gestión de Lubricación para controlar los procesos de trasiego y almacenamiento. Los contenedores deberán contar con el etiquetado adecuado para evitar confusiones con otros [2].

b.- Reutilización del Aceite Usado para su propósito original

Si el aceite usado se retira de una máquina, se limpia y se devuelve a su uso original, es importante comprobar que sus propiedades siguen siendo adecuadas. Si se quiere reutilizar el lubricante y se necesita estar seguro de las especificaciones de este, un sistema de análisis de aceite podrá ser de utilidad en el proceso de toma de decisiones.

En caso de que únicamente sea preciso utilizar procesos básicos de filtración y de retirada de agua para purificar el aceite, será posible su reacondicionamiento en planta. Existen pequeños equipos de acondicionamiento en planta, disponibles en el mercado para limpiarlo y reutilizarlo. Los equipos normales de filtración tienen un tamaño de poro de paso demasiado ancho para eliminar las partículas más pequeñas de

contaminación que pueden originar problemas en un aceite, por lo que puede ser necesario un equipo especial para este objetivo [2].

c.- Reutilización del Aceite como lubricante de menor grado

En caso de que el aceite se pueda recuperar pero no se utiliza para su aplicación original, puede este recuperarse como un aceite de baja calidad para lubricar componentes los cuales no estén sometidos a las mismas exigencias. Esto precisará investigar la calidad del lubricante usado, evaluar los requisitos de la aplicación secundaria y descartar posibles efectos negativos en dicha aplicación. Si no se realiza este estudio del uso secundario, podrían producirse problemas en la planta.

d.- Recuperar Aceite del agua

Cuando se utilizan aceites en plantas industriales, a menudo se producen escapes en el sistema de drenaje de la planta que deberían solucionarse antes de proceder a realizar cualquier vertido a colectores. Dependiendo del consumo de lubricante y de los detalles del funcionamiento e infraestructura de la planta, existe un gran número de opciones disponibles.

Para recuperar el aceite del agua de un tanque o bidón se utilizan recuperadores de banda, que son pequeños dispositivos con motor, una banda y punto de recogida (ver fig. N°1). El motor empuja la banda de modo que se introduzca la mezcla de agua y aceite, absorbiendo el aceite antes de volver hacia arriba, de nuevo hacia el motor. La banda entonces pasa por unos rodillos, que separan el lubricante y lo recogen en un contenedor de recogida situado bajo la unidad la capacidad de recogida de estas unidades puede ser de hasta 6 toneladas por hora

El sistema puede variar, utilizando sistemas con dos poleas, una junto a las palas de arrastre para drenar el aceite y otra bajo la mezcla de aceite y agua.

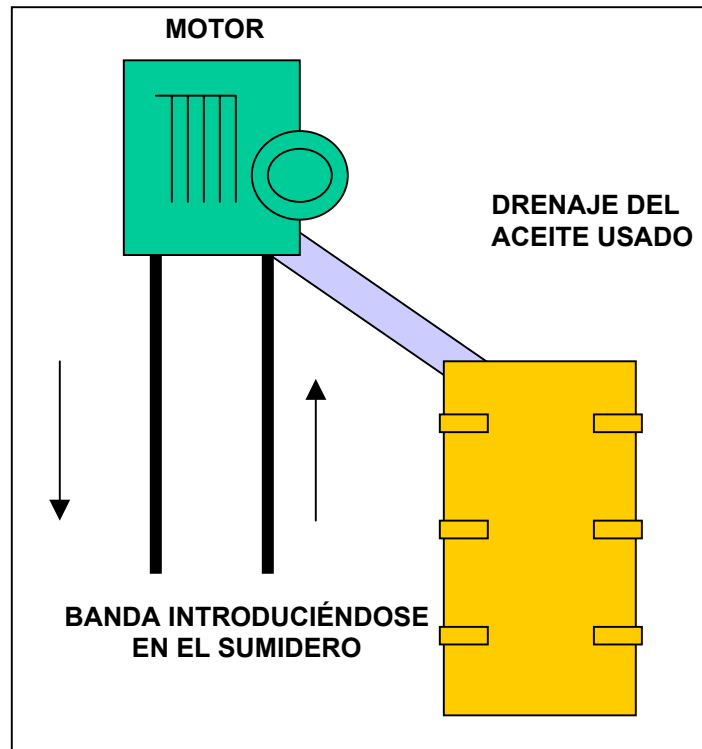


Figura N°1 Recuperador de banda [2]

e.- Reacondicionamiento fuera de la Planta

Si los aceites usados precisan además de un filtrado básico y la eliminación de agua, el reacondicionado fuera de la planta puede ser la solución. Existen una serie de empresas que ofrecen un servicio de recogida, limpiado y devolución de aceite. Normalmente utilizan un proceso de filtración, eliminación de agua y posteriormente reposición de los aditivos, devolviendo un lubricante de una calidad idéntica a la original.

Debido a los costos de transporte asociados, para que esta sea una opción viable desde el punto de vista económico es preciso recuperar grandes cantidades de aceite usado. Es preciso que este se mantenga separado de otros usados o nuevos, y debe ser un aceite que aunque este contaminado, no este degradado. También hay empresas que reacondicionan en el sitio eliminando los costos de transporte.

La recopilación de datos precisos sobre el aceite usado que se genera servirá de ayuda a la empresa especializada en aceites de desecho a la hora de ofrecer asesoramiento sobre las opciones disponibles.

f.- Regeneración fuera de la Planta

Los procesos de regeneración utilizan una serie de tecnologías para reciclar el aceite usado y obtener de nuevo una base lubricante que tras su aditivación pueda utilizarse para su uso inicial. Se debe consultar con una empresa de regeneración de lubricantes y facilitar los datos precisos de las cantidades de aceite usado. La adecuación de un aceite usado para volver a refinarse dependerá de:

- La cantidad disponible
- La naturaleza y el grado de contaminación
- La consistencia de la composición

Si los parámetros varían de forma considerable, podrían existir problemas para las empresas de regeneración de aceite a la hora de obtener aceite de forma regular.

g.- Valorización energética del aceite usado

El aceite usado que no se puede reciclar o reutilizar, deberá eliminarse de una forma responsable con el medio ambiente.

El aceite usado provoca riesgos medioambientales y de seguridad e higiene, y deberá tratarse y controlarse para evitar dichos riesgos. Los contenedores que se van a utilizar para el aceite usado, deberán ir claramente identificados y etiquetados para evitar confusión. Los bidones o tambores limpios que se hayan utilizado recientemente con aceite virgen no deberán utilizarse para el aceite usado, ya que esto aumentara la posibilidad de que se utilice el aceite usado como virgen con graves consecuencias. Si finalmente se decide la opción de eliminar el aceite a través de un gestor autorizado, se debe tomar unas medidas de precaución. Lo mas adecuado será hablar directamente con la empresa encargada para acordar el procedimiento a seguir. No obstante siempre habrá que identificar claramente estos aceites con el fin que no

produzcan errores de utilización, además habrá que asignarles una zona específica en el almacén o en la planta hasta la llegada del gestor. Finalmente se debe asegurar que la empresa cumple con la normativa medio ambiental relacionada con la gestión de aceites usados [2].