

**IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO PARA EL MONITOREO Y  
ANÁLISIS DE LUBRICANTES EN LA PLANTA GUAYABAL DE LA EMPRESA  
GRUPO FAMILIA MEDELLÍN PARA AUMENTAR LA CONFIABILIDAD Y  
DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE PRODUCCIÓN**

**JORGE ALEJANDRO ALVAREZ HINCAPIE  
HUGO ELIECER MONTOYA CIFUENTES  
GLADYS ELENA PARRA CORREA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE MECANICA  
INGENIERÍA MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2013**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO PARA EL MONITOREO Y  
ANÁLISIS DE LUBRICANTES EN LA PLANTA GUAYABAL DE LA EMPRESA  
GRUPO FAMILIA MEDELLÍN PARA AUMENTAR LA CONFIABILIDAD Y  
DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE PRODUCCIÓN**

**JORGE ALEJANDRO ALVAREZ HINCAPIE  
HUGO ELIECER MONTOYA CIFUENTES  
GLADYS ELENA PARRA CORREA**

**Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Mecánico**

**Asesora  
MARÍA ISABEL ARDILA M.  
Ingeniera Mecánica**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE MECANICA  
INGENIERÍA MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2013**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	9
1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	11
1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA	12
2. JUSTIFICACION	13
3. OBJETIVOS	14
3.1 OBJETIVO GENERAL	14
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
4. REFERENTES TEORICOS	15
4.1 HISTORIA Y ANTECEDENTES	15
4.2 A TRAVÉS DE LA HISTORIA	16
4.3 FUNDAMENTOS DE TRIBOLOGÍA	17
4.3.1 Aplicaciones	17
4.3.2 Significado de la Tribología en la Industria	17
4.4 ANTECEDENTES	17
4.5 ASPECTOS GENERALES	19
4.5.1 Mantenimiento correctivo	19
4.5.2 El mantenimiento preventivo	19
4.5.3 Mantenimiento predictivo	20
4.5.4 Mantenimiento predictivo a partir del análisis de aceites	20
4.6 ANÁLISIS FISICO-QUÍMICO DE LOS ACEITES Y LAS GRASAS	21
4.7 PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS LUBRICANTES	23
4.7.1 Propiedades físicas	23
4.7.1.1 Gravedad Específica Método ASTM D-287	23
4.7.1.2 Viscosidad método ASTM D-88 y ASTM D-445	24
4.7.1.3 Índice de viscosidad método ASTM D-567	24
4.7.1.4 Rigidez dieléctrica método ASTM D-877 y ASTM D-1816	24
4.7.2 Propiedades térmicas	25
4.7.2.1 Punto de inflamación o chispa método ASTM D-92 y D-93	25

4.7.2.2	Punto de combustión método ASTM D-92 y D-93	25
4.7.2.3	Punto de fluidez método ASTM D-97	25
4.7.3	Propiedades químicas	25
4.7.3.1	Residuos de carbón método ASTM D-189 D-524	25
4.7.3.2	Número TAN o de neutralización método ASTM D-664 y D-974	26
4.7.3.3	Numero básico total (TBN) método ASTM D-664 y D-2896	26
4.7.3.4	Corrosión al cobre método ASTM D-130	26
4.7.3.5	Herrumbre método ASTM D-665	26
4.7.4	Propiedades superficiales	26
4.7.4.1	Demulsibilidad método ASTM D-1401 y D-271	26
4.7.4.2	Aeroemulsión o atrapamiento de aire método DIN-5381	27
4.7.4.3	Formación de espuma método ASTM D-892	27
4.7.5	Características físico-químicas de las grasas	27
4.7.5.1	Consistencia método ASTM D-217	27
4.7.5.2	Viscosidad aparente	27
4.7.5.3	Punto de goteo método ASTM de-566 y 2265	27
4.7.5.4	Estabilidad mecánica método ASTM de 1813	28
4.7.5.5	Color	28
4.7.5.6	Aspecto	28
4.7.5.7	Protección contra la corrosión	28
4.7.5.8	Estabilidad a la oxidación método ASTM D-942	28
4.7.5.9	Resistencia al lavado por agua	28
4.7.5.10	Perdida por evaporación	29
4.8	EQUIPO DE ANÁLISIS DE LUBRICANTES	29
4.8.1	Viscosímetro	29
4.8.2	Ferro grafo	29
4.8.3	Espectrómetro	29
4.8.4	Contador de partículas	30
4.8.5	Microscopio	30
4.8.6	Colectores magnéticos	30
5.	METODOLOGÍA	31
5.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	31
5.2	TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	31
5.2.1	Primarias	31
5.2.2	Secundarias	31
5.3	PROCEDIMIENTO	31
5.4	FASE ADMINISTRATIVA	32

5.4.1	Recursos humanos	32
5.4.2	Recursos técnicos	32
5.4.3	Recursos institucionales	32
5.4.4	Recursos financieros	32
6.	RESULTADOS DEL PROYECTO	34
6.1	LABORATORIO CLIP (CENTRO DE LUBRICACIÓN INTELIGENTE PROACTIVA)	34
6.1.1	Misión	34
6.1.2	Historia Laboratorio CLIP	34
6.1.3	Ubicación Geográfica	35
6.2	SELECCIÓN PRUEBAS A REALIZAR	37
6.3	EQUIPOS DE LABORATORIO QUE SE VAN A INSTALAR	38
6.3.1	Viscosímetro NDJ-8S	38
6.3.2	Plancha de calentamiento modelo hs7 digital	39
6.3.3	Viscosímetro manual visgage 0-400 cst	39
6.3.4	Equipo comparador de aceites TMEH1	40
6.3.5	Microscopio digital b-350	42
6.3.6	Equipo análisis de grasas TGT-1	43
6.3.7	Bomba de vacío recolección muestras de aceite	44
6.3.8	Barras recuperadoras	44
6.3.9	Pistola de temperatura	45
6.4	PROGRAMA DE MUESTREO	46
6.4.1	Análisis de criticidad	46
6.4.2	Acondicionamiento de equipos	49
6.4.3	Formatos toma de muestras	51
6.4.4	Procedimiento	52
6.4.5	Formato resultados	54
7.	CONCLUSIONES	57
	GLOSARIO	58
	BIBLIOGRAFIA	60

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación Grupo Familia Guayabal Medellín	35
Figura 2. Plano distribución física laboratorio Grupo Familia Guayabal Medellín	36
Figura 3. Espacio físico laboratorio monitoreo de lubricantes	37
Figura 4. Viscosímetro digital	39
Figura 5. Viscosímetro manual	40
Figura 6. Comparador cualitativo de aceites	41
Figura 7. Microscopio digital b-350	42
Figura 8. Equipo análisis de grasas TGT-1	43
Figura 9. Bomba de vacío recolección de muestras de aceite	44
Figura 10. Barras recuperadoras	45
Figura 11. Pistola para toma de temperatura	45
Figura 12. Puerto de muestreo unidad hidráulica	50
Figura 13. Puerto de muestreo reductor de velocidad	50
Figura 14. Formato hoja de ruta para toma de muestra de aceite	51
Figura 15. Plano hoja de ruta equipo a monitorear	51
Figura 16. Frasco y etiqueta para toma de muestra de aceite	53
Figura 17. Gráfica estado de aceite tomado con el Check oil	54

Figura 18. Gráfica monitoreo viscosidad viscosimetro NDJ-8S 55

Figura 19. Gráfica monitoreo temperatura equipos 56

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Pruebas de laboratorio a aceites industriales usados según normas ASTM	22
Tabla 2. Costo del proyecto	33
Tabla 3. Rango de viscosidad de los aceites industriales.	55

## INTRODUCCIÓN

El Mantenimiento cambia, quizás mas que cualquier otra disciplina gerencial, estos cambios se deben principalmente al enorme aumento en numero y en variedad de los activos físicos (planta equipamiento, edificaciones) que deben ser mantenidos alrededor del mundo, diseños mucho mas complejos, nuevas tecnicas de mantenimiento y una optica cambiante en la organizacion del Mantenimiento y sus responsabilidades.(Moubray 2000, p.34).

Los programas de mantenimiento predictivos son importantes herramientas en las actuales culturas enfocadas a la producción con calidad, a la confiabilidad y disponibilidad de los equipos. El análisis de muestras de lubricantes y el monitoreo de sus condiciones, es uno de los pilares en los que se fundamentan estos programas de mantenimiento los cuales son generados a partir de un estudio detallado de los componentes de un equipo y las funciones que cumple en su contexto operacional actual, ya que dependiendo de sus condiciones de operación también varia las condiciones con las que se mantendrán dichas funciones.

PRODUCTOS FAMILIA, como multinacional líder en la producción y conversion de papeles tissue, tiene un gran reto de mantener el liderazgo de todos sus productos en el mercado mundial a través del mejoramiento continuo de todos sus procesos, principalmente el mantenimiento de todos sus activos.

Lograr todo esto exige tener un mantenimiento de clase mundial que pueda brindar la disponibilidad y confiabilidad que la compañía requiere en todos sus equipos, para dar el cumplimiento de cada una de las metas propuestas. Cada una de las estrategias de mantenimiento adoptadas, son parte del proceso que permiten alcanzar un nivel de mantenimiento requerido; el análisis y monitoreo de lubricantes es uno de los eslabones de mantenimiento que la empresa requiere implementar. Ya que de los resultados de un análisis oportuno o de una detección de una variable de condición a tiempo, permiten tomar decisiones acertivas y estar preparados para minimizar o evitar consecuencias operacionales que afecten todos los procesos.

En el presente trabajo se crea una estructura administrativa para la implementación de un laboratorio para el análisis y monitoreo de aceites de todos

los equipos criticos, formato de hojas de ruta de monitoreo y toma de muestras, y archivos de registro de informacion para el diagnóstico.

Este proyecto ofrece mejorar la confiabilidad de los equipos, y optimizar los recursos de la planta, también crear valor en las actividades de mantenimiento que lleven al uso optimo del lubricante sin arriesgar el equipo, bajar los costos y aumentar la disponibilidad.

## 1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En la empresa Grupo Familia luego de la implementación de nuevas estrategias de mantenimiento como RCM, el proceso de lubricación se ve en la necesidad de tener a tiempo los resultados de los análisis de los lubricantes, para la toma de decisiones que permitan mantener la confiabilidad en los equipos. Los análisis de lubricantes son un valor agregado de proveedores de aceites, pero estos resultados no se reciben oportunamente para tomar decisiones.

Los aceites y grasas, poseen variables que pueden ser afectadas por la humedad, la temperatura y el desprendimiento de partículas, las cuales cambian sus propiedades originales consistentemente, la detección a tiempo del cambio de propiedades, permite identificar anticipadamente de que el elemento está fallando o cercano al punto de falla.

El Grupo Familia, dentro de sus políticas tiene como objetivo tener un mantenimiento con prácticas de clase mundial, sin la implementación de este laboratorio para mantener controlado la lubricación de sus equipos, se estaría alejando de este objetivo, por lo cual es muy importante implementar dicho laboratorio que permita monitorear y tener información a tiempo, confiable y tabulable.

La confiabilidad de los equipos se ha visto afectada, por las siguientes fallas:

- Aumento de viscosidad en los aceites que han generado deterioro en los elementos rodantes.
- Aumento del grado de consistencia de las grasas, lo que produce un desgaste prematuro en algunas máquinas rotativas y elementos móviles.
- Presencia de elementos contaminantes como agua y partículas metálicas, que degradan el aceite y desgastan los componentes.
- Envejecimiento del aceite que ocasiona pérdida de la película lubricante, acelerando el desgaste.
- La producción de la planta se ha visto afectada por los paros no programados causados principalmente por problemas de lubricación, se han incrementado

los costos en el mantenimiento por la reposición de partes; también se ha visto afectado los indicadores de gestión de mantenimiento.

## **1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo se puede mejorar los índices de confiabilidad de los equipos de producción de la empresa Grupo Familia, desde la lubricación?

La implementación de un laboratorio ayudaría a mejorar los índices de confiabilidad de los equipos y a optimizar los recursos, mediante el diagnóstico y prevención oportuna de fallas en los componentes.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto describe cómo implementar un laboratorio dedicado a analizar muestras de lubricantes usados en las máquinas de la Empresa Grupo Familia, para monitorear sus variables físico-químicas y así tener en óptimas condiciones equipo y lubricantes para garantizar su confiabilidad y poder determinar:

- Condición del aceite
- Asegurar el lubricante adecuado
- Frecuencia de cambio
- Predecir fallas
- Evitar daños
- Reducir paradas no programadas
- Incrementar eficiencia
- Reducir costos en general

Partiendo de la experiencia y los servicios ofrecidos por los laboratorios locales, se ha encontrado que el servicio de análisis de lubricantes no tiene un tiempo de respuesta corto, estos son recibidos en un término de dos a tres semanas, y se requieren que los resultados sean más oportunos para tomar decisiones inmediatas y así poder incluir dentro de la ruta de monitoreo, todos los equipos, no sólo los críticos.

De acuerdo a esta necesidad se plateara una propuesta administrativa y técnica de cómo debería organizarse, estructurarse y diseñarse el laboratorio para poder satisfacer las necesidades que mantenimiento requiere para aumentar la confiabilidad en los equipos con costos razonables.

Posterior a la aprobación se procederá con la implementación del laboratorio, documentación y elaboración de fichas técnicas para el control, seguimiento y registro de los indicadores de gestión.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Implementar un laboratorio dedicado al análisis y monitoreo de los lubricantes usados provenientes de los equipos de producción y conversión de papel, de la planta Guayabal (Medellín) del Grupo Familia, para determinar su condición y así aumentar la confiabilidad de estos equipos.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los requerimientos del laboratorio de lubricación y definir las características del mismo.
- Determinar los equipos necesarios para la implementación de un laboratorio de análisis de lubricantes que responda a las necesidades actuales de la planta.
- Diseñar los formatos de toma de muestras de aceites y grasas para el registro de resultados y posterior análisis.
- Adecuar las instalaciones físicas necesarias para asegurar la correcta instalación y funcionamiento del equipo a utilizar en el laboratorio.
- Establecer el procedimiento de registro de los resultados obtenidos de los análisis realizados.

## 4. REFERENTES TEÓRICOS

Los lubricantes tienen mucha importancia en las partes mecánicas de equipos o máquinas, ya que permiten reducir el rozamiento, calor y desgaste, cuando se introduce como una película entre superficies sólidas.

Actualmente no existe en el mundo máquina alguna por sencilla que sea que no requiera lubricación, ya que con esta se mejora tanto el funcionamiento, como la vida útil de los componentes. No importa que tan lisa se pueda sentir o ver la superficie de un metal si se observa una imagen ampliada de la misma, se puede ver crestas, valles y en algunos casos las orillas muy irregulares. Cuando se trata de mover una superficie contra otra, estas irregularidades producen: rozamiento, fricción, calor y desgaste.

El análisis de aceite es una herramienta que permite diagnosticar el estado de los lubricantes que están trabajando en las máquinas, proporciona información sobre la contaminación de estos y permite determinar su vida útil; y adicional permite conocer el nivel de desgaste de los componentes del equipo.

De acuerdo a lo anterior es muy importante establecer La **RUTA DE TRIBOLOGÍA** que es un programa que hace parte de la Lubricación Predictiva y permite conocer los datos básicos del estado del aceite, del valor de la temperatura y las condiciones actuales de operación de los equipos. Estos resultados correlacionándolos correctamente, permiten evaluar que el equipo rotativo está trabajando dentro de la confiabilidad esperada o que por el contrario es necesario intervenirlo de manera oportuna. (Albarracín, 1993 p.24).

### 4.1 HISTORIA Y ANTECEDENTES

Tribología se deriva del término griego tribos, el cual puede entenderse como “frotamiento o rozamiento”, así que la interpretación de la palabra puede ser, “la ciencia del rozamiento”.

Los diccionarios definen a la Tribología como la ciencia y tecnología que estudia la interacción de las superficies en movimiento relativo, así como los temas y prácticas relacionadas. La Tribología es el arte de aplicar un análisis operacional a problemas de gran importancia económica, llámese, confiabilidad, mantenimiento,

y desgaste del equipo técnico, abarcando desde la tecnología aeroespacial hasta aplicaciones domésticas. El entendimiento de las interacciones superficiales en una interface requiere tener conocimiento de varias disciplinas incluyendo la física, química, matemáticas aplicadas, mecánica de sólidos, mecánica de fluidos, termodinámica, transferencia de calor, ciencia de materiales, lubricación, diseño de máquinas, desempeño y confiabilidad. (Albarracín, 1993, p.25).

## **4.2 A TRAVÉS DE LA HISTORIA**

En sí, la Tribología podría parecer algo nuevo, pero solamente el término como tal lo es, ya que el interés en temas relacionados con la disciplina existe desde antes de que la historia se escribiera. Como un ejemplo, se sabe que las “brocas” realizadas durante el periodo Paleolítico para perforar agujeros o para producir fuego, eran “fijados” con rodamientos hechos de cornamentas o huesos.

Los documentos históricos muestran el uso de la rueda desde el 3500 A.C., lo cual ilustra el interés de nuestros antepasados por reducir la fricción en movimientos de traslación.

Los egipcios tenían el conocimiento de la fricción y los lubricantes, esto se ve en el transporte de grandes bloques de piedra para la construcción de monumentos. Para realizar esta tarea utilizaban agua o grasa animal como lubricante.

El artista-científico renacentista Leonardo Da Vinci fue el primero que postuló un acercamiento a la fricción. Da Vinci dedujo la leyes que gobiernan el movimiento de un bloque rectangular deslizándose sobre una superficie plana, también, fue el primero en introducir el concepto del coeficiente de fricción. Desafortunadamente sus escritos no fueron publicados hasta cientos de años después de sus descubrimientos. Fue en 1699 que el físico francés Guillaume Amontons redescubrió las leyes de la fricción al estudiar el deslizamiento entre dos superficies planas.

Al surgir la Revolución Industrial el desarrollo tecnológico de la maquinaria para producción avanzó rápidamente. El uso de la potencia del vapor permitió nuevas técnicas de manufactura. En los inicios del siglo veinte, desde el enorme crecimiento industrial hasta la demanda de una mejor tribología, el conocimiento de todas las áreas de la tribología se expandió rápidamente. (Linares, 2009, boletín 19).

### 4.3 FUNDAMENTOS DE TRIBOLOGÍA

La Tribología se centra en el estudio de tres fenómenos; la fricción entre dos cuerpos en movimiento, el desgaste como efecto natural de este fenómeno y la lubricación como un medio para evitar el desgaste.

**4.3.1 Aplicaciones.** La Tribología está presente en prácticamente todos los aspectos de la maquinaria, motores y componentes de la industria en general. Los componentes tribológicos más comunes son:

- Rodamientos.
- Frenos y embragues.
- Sellos.
- Anillos de pistones.
- Engranajes y levas.

La aplicación de los conocimientos de la Tribología en estas prácticas se deriva en:

- Ahorro de materias primas.
- Aumento en la vida útil de las herramientas y la maquinaria.
- Ahorro de recursos naturales.
- Ahorro de energía.
- Protección al medio ambiente.
- Ahorro económico.(Albarracín 1993 p.26)

**4.3.2 Significado de la Tribología en la Industria.** La tribología es crucial para la maquinaria moderna que utiliza superficies rodantes y/o deslizantes.

### 4.4 ANTECEDENTES

En esta época las exigencias de mantenimiento son cada vez mayores, ya que la confiabilidad de los equipos y la eficiencia, dependen en gran medida de un mantenimiento basado en prácticas de clase mundial. Frente a esta situación de grandes cambios, los gerentes en todo el mundo están buscando un nuevo

acercamiento al mantenimiento, quieren evitar arranques fallidos y callejones sin salida que siempre acompañan a los grandes cambios.

La vida útil de un equipo solo se puede lograr si este se involucra dentro de un sistema tribológicos, donde los protagonistas principales son el fabricante del equipo y el usuario.

El fabricante debe de haber construido el equipo de acuerdo con un diseño óptimo y con materiales que garanticen un desgaste mínimo, el usuario debe optimizar al máximo la calidad del mantenimiento, garantizar una operación normal del equipo y utilizar repuestos originales, para lo cual necesita implementar un control de calidad a todos los repuestos, y debe convertir la lubricación en el programa bandera de la fábrica. (Moubray, 2004, p.1)

Las diferentes técnicas para el monitoreo periódico de los aceites usados como el análisis físico químico, la espectrofotometría por emisión atómica, el conteo de partículas y la Ferrografía permiten evaluar el estado del aceite para su cambio oportuno, y el grado de desgaste de los diferentes componentes del equipo, el cual si es anormal permitirá implementar correctivos que eviten la parada no programada o en caso contrario trabajar con confiabilidad y cuantificar la vida real de servicio del equipo que debe estar de acuerdo con lo especificado por el fabricante. Los resultados finales se reflejaran en una optimización significativa de todos los recursos de mantenimiento y en un aumento en la confiabilidad de los equipos.

La metodología de mantenimiento utilizada por la empresa Productos Familia Planta Medellín guayabal, durante los últimos 10 años, no le daba la importancia a los beneficios que tiene el predictivo. Por el contrario tenía como objetivo principal mantener en funcionamiento sus equipos sin evaluar los costos de la metodología utilizada, así mismo la lubricación no daba ningún paso en busca de la confiabilidad de los equipos, esto generaba un mantenimiento del día a día conviviendo con fallas que no eran detectadas a tiempo afectando la producción y la confiabilidad.

Las fallas producidas por las malas prácticas de lubricación incrementaban las tareas del correctivo, los equipos que eran programados para mantenimiento, utilizaban más del doble del tiempo disponible y la puesta en marcha producía grandes traumatismos y defectos de calidad en la producción, así mismo no se

utilizaba ninguna practica de monitoreo tanto para los equipos rotativos como para el estado de los lubricantes.

## **4.5 ASPECTOS GENERALES**

**4.5.1 Mantenimiento correctivo.** El mantenimiento correctivo es aquel en el que solo se interviene el equipo después de que este ha presentado una falla y genera un paro no programado, causando que este se deba intervenir inmediatamente para corregir la falla y mantener en funcionamiento el equipo.

Es evidente que sólo se aplicará en aquellas situaciones en que los elementos sean de bajo costo y baja criticidad de funcionamiento. Este mantenimiento por tanto resulta ideal en casos en que la restitución o reparación no afecte en gran medida a la producción, o cuando la puesta en práctica de un sistema más complejo resulte menos rentable que una práctica correctiva.

El mantenimiento correctivo, sin embargo, no debe estar exento de tareas rutinarias de engrase, lubricación y/o sustitución de partes que permitan alargar la vida útil de los componentes, a menos que se trate de una instalación o repuesto en las fases finales de su vida útil.

Los principales inconvenientes están relacionados con la imprevisibilidad de las averías y fallos que resultan inoportunas. Debido a que las tareas no están programadas, es esperable que cuando se produzca el fallo sea demasiado tarde y se necesite más mano de obra y recursos para corregirlo. Otro grave inconveniente que presenta este tipo de mantenimiento es que el problema que ha causado la falla no se resuelve, por lo que éste puede repetirse en situaciones posteriores en la misma máquina afectando su confiabilidad. Es por esto que el mantenimiento correctivo normalmente viene acompañado de un aumento en la frecuencia de fallas.

**4.5.2 El mantenimiento preventivo.** Es una actividad programada de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido. El propósito es prever averías o desperfectos en su estado inicial y corregirlas para mantener la instalación en

completa operación a los niveles y eficiencia óptimos. El mantenimiento preventivo permite detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir costes de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación entre una larga lista de ventajas.

**4.5.3 Mantenimiento predictivo.** Sin duda, el desarrollo de nuevas tecnologías ha marcado sensiblemente la industrial mundial. En los últimos años, la industria mecánica se ha visto bajo la influencia determinante de la electrónica, la automatización y las telecomunicaciones, exigiendo mayor preparación en el personal, no solo desde el punto de vista de la operación de la maquinaria, sino desde el punto de vista del mantenimiento industrial.

La realidad industrial, se caracteriza por la enorme necesidad de explotar eficaz y eficientemente la maquinaria instalada y elevar a niveles superiores la actividad del mantenimiento.

La industria tiene que distinguirse por una correcta explotación y un mantenimiento eficaz. En otras palabras, la operación correcta y el mantenimiento oportuno constituyen vías decisivas para cuidar lo que se tiene. El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

**4.5.4 Mantenimiento predictivo a partir del análisis de aceites.** El aceite y las grasas deben estar fisicoquímicamente en óptimas condiciones para que puedan garantizar la confiabilidad requerida. Un buen análisis de aceite proporciona información útil del equipo tal como condición de funcionamiento, condición del lubricante, cantidad de contaminación, entre otros.

El análisis de cada una de las posibles causas de una condición anormal en el lubricante, permiten elaborar tareas que eliminen el origen de estas y mantener las condiciones del equipo para la confiabilidad que se requiere.

Los análisis se deben llevar bajo una programación periódica según el contexto operacional de cada equipo, ya que las condiciones de operación permiten definir las frecuencias de toma de muestras para el monitoreo de los lubricantes y las

frecuencias de las tareas a condición que permitan mantener la longevidad del equipo y la confiabilidad definida.

Las diferentes pruebas de laboratorio a realizar dependen del aceite (industrial o automotriz) y del equipo en el cual está trabajando. El análisis de las propiedades físico-químicas del aceite usado, se llevan a cabo mediante los métodos establecidos por las normas ASTM y el análisis del desgaste utilizando la espectrofotometría, el conteo de partículas y la ferrografía.

#### **4.6 ANÁLISIS FISCO-QUÍMICO DE LOS ACEITES Y LAS GRASAS**

Todos los lubricantes que se encuentren trabajando en sistemas cerrados o de circulación, se oxidan y/o se contaminan durante su vida de servicio, y los aditivos que posee se agotan. El método más confiable para determinar si un lubricante continúa o no trabajando en un determinado equipo, es por medio de los análisis de sus propiedades. El analizar las propiedades de los lubricantes permite controlar la calidad de estos y determinar su comportamiento; de acuerdo con estas propiedades se selecciona un lubricante para que este cumpla la función encomendada.

El éxito del análisis físico-químico, de los aceites y las grasas, depende en gran parte del conocimiento de las pruebas que se le vayan a efectuar teniendo en cuenta el contexto operacional por el cual se puso en funcionamiento, por ejemplo un aceite para un motor de combustión interna, a un aceite para turbinas de vapor, algunos análisis no son aplicados a determinados aceites.

#### **TIPOS DE LUBRICANTES QUE SE ANALIZAN**

- Turbinas
- Sistemas hidráulicos
- Sistemas de recirculación
- Transformadores
- Compresores
- Reductores
- Motores de combustión

Pruebas que se le realizan a una grasa:

- Consistencia
- Perdida de aceite base
- Punto de goteo
- Contenido de jabón
- Capacidad de carga etc.

Pruebas que se le realizan a los aceites:

En la tabla 1 se especifican las diferentes pruebas ASTM (Sociedad Americana Para pruebas y Materiales) de laboratorio que se le deben efectuar a los aceites usados. Ver tabla 1. (Albarracín 1993 p.266).

Tabla 1. Pruebas de laboratorio a aceites industriales usados según normas ASTM

<b>N</b>	<b>PRUEBA</b>	<b>MÉTODO ASTM</b>	<b>REDUCTORES</b>	<b>SISTEMAS HIDRÁULICOS</b>	<b>BOMBAS</b>
1	Gravedad específica	D-287	(1)	(1)	(1)
2	Viscosidad	D-88	X	X	X
3	Índice de viscosidad	D-567	(9)	(9)	(9)
5	Carbón Conradson	D-189, D-524	(2)	--	--
6	Numero de neutralización	D974, D-664	X	X	X
7	Insoluble en pentano y en benceno	D-893	(1)	(1)	(1)
8	Demulsibilidad	D-1401	–	(3)	–
9	Formación de espuma	D-892	(10)	(10)	(10)
10	Agua y sedimentos	D-95, D-96	(3)	(3)	(3)
11	Corrosión al cobre	D-130	(4)	(4)	(4)
12	Herrumbre	D-665	(5)	(5)	(5)
13	Contenido de azufre	D-1266	(6)	–	–

14	Contenido de cloro	D-808, D-1317	(6)	–	–
15	Contenido de metales	Espectrofotometría de emisión atómica			
	Silicio		X	X	X
	Hierro		X	X	X
	Cobre		(7)	(7)	(7)

### Notas:

- (1) Opcional. Se hace para corroborar los resultados de otros análisis
  - (2) Para temperaturas de operación de los 80°C
  - (3) Si el contenido de agua ocasional o permanentemente es alto ( $\geq 5,0$  Vol.)
  - (4) Se analiza cuando el contenido de agua es alto ( $\geq 5,0$  Vol.) y hay presencia de bronce, babbitt o cobre (Metales blandos en el equipo lubricado).
  - (5) Se analiza cuando el contenido de agua es alto ( $\geq 5,0$  Vol.) y hay presencia de materiales ferrosos
- En el equipo lubricado, siempre que se analiza (3), se debe analizar (4) o (5).
- (6) Si el aceite es de tipo EP
  - (7) Si hay cobre bronce o babbitt en el mecanismo lubricado
  - (8) Si los cojinetes de apoyo del cigüeñal son de plata
  - (9) Se hace solamente al aceite nuevo
  - (10) Se hace solamente cuando persista la formación de grandes cantidades de espuma o burbujas de gran tamaño

## 4.7 PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS LUBRICANTES

### 4.7.1 Propiedades físicas

**4.7.1.1 Gravedad Específica Método ASTM D-287.** Es la relación entre el peso de un volumen dado de un aceite y el peso de un volumen idéntico de agua a una temperatura específica. Por regla general es de 15.6°C (60°F).

La gravedad específica de los aceites derivados del petróleo se considera comprendida entre 0.89 y 0.93. Por lo regular se toma un valor intermedio de 0.91,

este es a dimensional pero en algunos casos se relaciona con la densidad para cálculos matemáticos, tomando las unidades gr/cm<sup>3</sup>. (Albarracín 1993 p.201).

La gravedad específica se relaciona con la gravedad API, mediante la siguiente ecuación:

$$^{\circ}API = \frac{145.1}{Grvedad\ especifica\ 60/60^{\circ}F} - 135.1$$

**4.7.1.2 Viscosidad método ASTM D-88 y ASTM D-445.** Es la resistencia que presentan las moléculas internas de un líquido afluir las unas al lado de la otras a una temperatura determinada. La fricción interna de estas moléculas trae como consecuencia elevación de la temperatura.

La resistencia interna a fluir depende de las fuerzas intermoleculares que se desarrollan en el interior del líquido, de estas depende finalmente la resistencia mecánica observada cuando se hace deslizar una capa de líquido sobre la otra capa adyacente. (Albarracín, 1993, p.183).

**4.7.1.3 Índice de viscosidad método ASTM DE-567.** Después de la viscosidad, es la característica más importante que se debe tener en cuenta y se define como la mayor o menor estabilidad de la viscosidad de un aceite lubricante con los cambios de temperatura.

A altas temperaturas la viscosidad del aceite puede llegar a reducirse tanto que puede haber contacto metal-metal, para que la viscosidad ofrezca gran estabilidad a los cambios de temperatura es necesario que el aceite tenga un elevado IV índice de viscosidad.

Entre mayor sea el IV, más estable es la viscosidad del aceite; por consiguiente, en lubricación se deben utilizar, hasta donde sea posible, aceites con alta IV. El IV de un aceite es un indicativo de su calidad. (Albarracín, 1993, p.184).

**4.7.1.4 Rigidez dieléctrica método ASTM D-877 y ASTM D-1816.** Es la capacidad de asilamiento eléctrico de los aceites y se determina por la tensión en

que se produce un arco eléctrico permanente entre dos electrodos sumergidos en el aceite. (Albarracín, 1993, p.184).

#### **4.7.2 Propiedades térmicas**

**4.7.2.1 Punto de inflamación o chispa método ASTM D-92 y D-93.** Es la temperatura mínima a la cual los gases formados se inflaman al aproximarles un llama o chispa. Los aceites con punto de inflamación por debajo de 150°C no se deben emplear para lubricación. El punto de inflamación de los aceites nuevos es mayor en los de alta viscosidad y los de base nafténica se caracterizan por tener puntos de inflamación más bajos que los de base parafínica de viscosidad similar. (Albarracín, 1993, p.184).

**4.7.2.2 Punto de combustión método ASTM D-92 y D-93.** Es la temperatura a la cual se forman gases suficientes para mantener una llama durante 5 segundos como mínimo. El punto de combustión suele ser entre 30° y 60°C. superior al de inflamación. Los puntos de inflamación y de combustión no deben confundirse con el de auto inflamación, que es la temperatura a la cual el aceite se inflama y se quema sin necesidad de aplicarle una llama o chispa. (Albarracín, 1993, p.184)

**4.7.2.3 Punto de fluidez método ASTM D-97.** Es la temperatura máxima a la cual un aceite lubricante aun es un fluido y se define como la temperatura 2.7°C por encima de la cual el aceite se mantienen su posición cuando se inclina el recipiente en el cual está alojado. El punto de fluidez indica las limitaciones del aceite para trabajar abajas temperaturas. Cuando la temperatura de trabajo está muy próxima a la de fluidez del aceite, éste fluirá con dificultad hacia las superficies en movimiento debido a la estructura cristalina que empieza a formarse. (Albarracín, 1993, p.185).

#### **4.7.3 Propiedades químicas**

**4.7.3.1 Residuos de carbón método ASTM D-189 D-524.** Es la cantidad de carbón en porcentaje por peso, que queda después de que una muestra de aceite

sometida a un proceso de evaporación y pirolisis. Esta característica determina la tendencia que tienen los aceites lubricantes de formar partículas de carbón cuando están sometidas a elevadas temperaturas de funcionamiento. (Albarracín, 1993, p.185).

**4.7.3.2 Número TAN o de neutralización método ASTM D-664 y D-974.** El número de neutralización (NN) o TAN (número de ácido total) de un aceite nuevo o usado es la cantidad en miligramos de una base estándar (KOH), que es necesario añadirle a un gramo del aceite para neutralizarle los ácidos que tenga. (Albarracín, 1993, p.186).

**4.7.3.3 Número básico total (TBN) método ASTM D-664 y D-2896.** Es la cantidad del aceite nuevo y especifica la cantidad en miligramos de un ácido (HCL) que es necesario añadirle a cada gramo de aceite nuevo para que neutralice las sustancias básicas que posee. (Albarracín, 1993, p.186).

**4.7.3.4 Corrosión al cobre método ASTM D-130.** La mayor parte de los aceites usados nuevos son absolutamente inofensivos frente a los metales, que constituyen los mecanismos a lubricar. No obstante, se de interés determinar la tendencia que presenta un lubricante para provocar corrosión en los metales blancos, tales como el babbitt, cobre, etc. (Albarracín, 1993, p.186).

**4.7.3.5 Herrumbre método ASTM D-665.** La herrumbre se debe a una reacción química que ocurre entre el material ferroso, como el hierro y el acero, y el oxígeno en presencia del agua. Puede presentar un color rojo, café, verde o negro. (Albarracín, 1993, p.187)

#### **4.7.4 Propiedades superficiales**

**4.7.4.1 Demulsibilidad método ASTM D-1401 y D-271.** Es la resistencia que presenta un aceite a emulsificarse con el agua cuando se encuentra en presencia de esta. Una baja demulsibilidad puede ser el resultado de una deficiente

refinación de las bases lubricantes, contaminación o uso inadecuado de aditivos. (Albarracín, 1993, p.187).

**4.7.4.2 Aeroemulsión o atrapamiento de aire método DIN-5381.** Es una emulsión aire-aceite formada por burbujas diminutas de aire, de tamaño bastante inferior a los de la espuma superficial, dispersas en la masa de aceite. (Albarracín, 1993, p.186).

**4.7.4.3 Formación de espuma método ASTM D-892.** Un aceite produce espuma superficial por agitación energética con el aire o con otro gas, y está constituida por el agrupamiento de un elevado número de burbujas de distintos tamaños, la presencia de ciertos compuestos polares en el aceite, la disminución de la presión exterior y el aumento de la viscosidad de la fase líquida favorecen la estabilidad y rigidez de la espuma, sin embargo, esta se debilita cuando la temperatura se incrementa. Excesiva cantidad de espuma en el aceite, puede causar desgaste de las superficies metálicas. (Albarracín, 1993, p.186).

#### **4.7.5 Características físico-químicas de las grasas**

**4.7.5.1 Consistencia método ASTM D-217.** Es la medida de su dureza relativa y se puede definir como la propiedad que caracteriza la fluidez de la misma cuando se le aplica una presión determinada a una temperatura específica. Esta característica se da con la penetración ASTM, con su correspondiente valor en el sistema NLGI. (Albarracín, 1993, p.187).

**4.7.5.2 Viscosidad aparente.** La viscosidad aparente de la mayor parte de las grasas disminuye cuando aumenta la temperatura o el régimen de fuerza cortante. Esta propiedad tiene gran influencia en la facilidad de manipulación y distribución de la grasa. (Albarracín, 1993, p.188).

**4.7.5.3 Punto de goteo método ASTM de-566 y 2265.** Se define como la temperatura a la cual la grasa pasa de un estado semisólido o sólido plástico, (fluido no newtoniano), a líquido, y fluye a través de un orificio estándar en las

condiciones del ensayo. Ninguna grasa se debe utilizar por encima de su punto de goteo, ni aun a una temperatura muy próxima a este. (Albarracín, 1993, p.188).

**4.7.5.4 Estabilidad mecánica método ASTM de 1813.** Es la habilidad que tiene la grasa, de retener su consistencia y aspecto de fabricación cuando está sometida a un trabajo crítico, o su capacidad para volver al estado original, cuando cesa cualquier influencia transitoria. (Albarracín, 1993, p.188).

**4.7.5.5 Color.** Este nunca es indicio de la calidad de la grasa y se debe principalmente a los aditivos utilizados; se emplea generalmente para distinguir una de otra y es característica de cada fabricante. (Albarracín, 1993, p.188).

**4.7.5.6 Aspecto.** Es el aspecto de la grasa, y su descripción se debe hacer como suave, mantecosa, fibrosa de fibra corta o larga, etc. Estas características dependen de la viscosidad del fluido, tipo de espesante, presencia de ciertos aditivos y proceso de fabricación. (Albarracín, 1993, p.188).

**4.7.5.7 Protección contra la corrosión.** Esta característica depende del tipo de jabón metálico utilizado en la fabricación de la grasa, de su capacidad para formar y mantener un sello que proteja contra la admisión de materiales corrosivos y de su reacción con el agua. (Albarracín, 1993, p.188).

**4.7.5.8 Estabilidad a la oxidación método ASTM D-942.** Es la resistencia de la grasa al deterioro químico, durante el almacenamiento y su posterior operación, causado por su exposición al aire. Depende de la estabilidad de los componentes de la grasa y de los antioxidantes añadidos. (Albarracín, 1993, p.188).

**4.7.5.9 Resistencia al lavado por agua.** Es importante conocer esta característica, ya que cantidades muy pequeñas de agua son suficientes para modificar la estructura de las grasas, como en el caso de las de sodio. (Albarracín, 1993, p.188).

**4.7.5.10 Perdida por evaporación.** La evaporación de las fracciones más volátiles del aceite de la grasa debe ser mínima; de lo contrario la grasa se endurece, dando lugar a una lubricación deficiente. (Albarracín, 1993, p.188).

## **4.8 EQUIPO DE ANÁLISIS DE LUBRICANTES**

Algunos de los equipos más utilizados en los análisis de lubricantes son:

**4.8.1 Viscosímetro.** Son equipos desarrollados para medir la viscosidad de los líquidos a una temperatura y presión específicas. Permiten determinar:

- El tiempo de flujo de un volumen dado de un líquido que fluye por gravedad a baja presión a través de un tubo corte o por un capilar.
- La caída de presión entre los extremos del tubo o del capilar
- La viscosidad de los aceites se puede dar en algunas de las siguientes unidades a una temperatura de referencia específica.
- Segundos SayboltUniveresal (S.S.U.).
- Centistoke (Cst).

**4.8.2 Ferro grafo.** Es un equipo utilizado para medir la concentración cuantitativa de partículas ferrosas del desgaste en un lubricante, prevé para un análisis de una muestra de fluido precipitando partículas sobre el fondo de un tubo de cristal que se sujete a un campo magnético. Solo sirve para identificar los materiales ferromagnéticos

**4.8.3 Espectrómetro.** Mediante este equipo es posible identificar los elementos presentes en el aceite, ya que mediante la interacción existente entre la radiación electromagnética y la materia, cuando se produce un intercambio de energía conociendo que los átomos de cualquier elemento producen espectros característicos al ser excitados, solo es posible tomar la medición de un elemento a la vez.

**4.8.4 Contador de partículas.** Este equipo proporciona la distribución de tamaño de partículas presentes en la muestra, pero no suministra información de los elementos que la componen.

El recuento de partículas no es un método recomendado para el seguimiento del desgaste por presentar las siguientes desventajas: puede producir resultados confusos dado que generalmente cuenta todo tipo de partículas, no únicamente las metálicas provenientes de desgaste y no proporciona una indicación sobre la forma o tamaño de las mismas o su composición, usándose como técnica suplementaria en análisis de lubricantes. Se utiliza principalmente en sistemas hidráulicos en los cuales los niveles de desgaste son bajos y fundamentalmente para controlar su estado de limpieza.

**4.8.5 Microscopio.** La técnica del microscopio es un procedimiento complementario con el resto de técnicas utilizadas para los análisis de aceites usados, ya que permite la inspección de las partículas previamente detectadas. El tipo de microscopio a utilizar vendrá dado por el tamaño de las partículas que se quiere inspeccionar, así para tamaños superiores a 1  $\mu\text{m}$ , la utilización de un microscopio convencional o bicromático será suficiente pero para tamaños menores a este habrá que pasar a la utilización de la microscopía electrónica.

**4.8.6 Colectores magnéticos.** Los colectores magnéticos son dispositivos que permiten la recolección, por atracción magnética, de las partículas presentes en el aceite en función de su tamaño. Para partículas mayores de 300  $\mu\text{m}$  se consiguen eficiencias hasta del 60%, siendo menor dicha eficiencia para tamaños menores. Las partículas recogidas, magnéticas o paramagnéticas, pueden ser importante fuente de la información como indicador de la tasa de desgaste que está sufriendo el elemento lubricado así como del tipo de desgaste que este está sufriendo, ya que en un posterior paso puede recurrirse al análisis de las partículas atrapadas por el colector mediante la utilización de microscopio de bajo aumento para identificar el origen de las mismas. (Jaramillo Carlos, Escuela superior politécnica de Chimborazo Ecuador, p.51, 2011)

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La metodología que permitió desarrollar el presente trabajo de grado es de tipo aplicada, ya que en este se concibe y se desarrolla los principales objetivos que permiten montar una estrategia para el monitoreo y análisis de aceites en los equipos productivos de la empresa Grupo Familia Sancela planta Guayabal.

### 5.2 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

**5.2.1 Primarias.** En esta técnica se recolecto información proveniente de libros, manuales de lubricación, folletos repartidos en seminarios de lubricación dictados por expertos en la materia como lo es el señor Pedro Albarracín, tesis de grado, revistas de mantenimiento.

**5.2.2 Secundarias.** En esta técnica se consultaron básicamente catálogos de equipos, de aceites lubricantes y datos recogidos de campo en la misma empresa así mismo como de centros especializados en el análisis de lubricantes y catálogos de los equipos adquiridos.

### 5.3 PROCEDIMIENTO

Las actividades que se desarrollaron durante la implementación del laboratorio fueron las siguientes:

- Recolección de la información.
- Clasificación de la misma.
- Compra de materiales y equipos.
- Montaje de equipos en el laboratorio.
- Reuniones con el asesor del proyecto suministrado por la institución.
- Pruebas y resultados.
- Entrega del proyecto.

## **5.4 FASE ADMINISTRATIVA**

**5.4.1 Recursos humanos.** Para la realización del proyecto se contó con el siguiente equipo de trabajo:

- Dos tecnólogos mecánicos con amplia experiencia en montajes y equipos electromecánicos y mecánicos
- Una tecnóloga mecánica con amplia experiencia en la parte administrativa
- Una digitadora que se encargó de procesar toda la información

**5.4.2 Recursos técnicos.** Se contó con los siguientes recursos técnicos:

- Computador e impresora.
- Cámara fotográfica.
- Proyector.

**5.4.3 Recursos institucionales.** Este proyecto se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa Grupo familia Sancela planta guayabal en el área de CLIP, la cual suministro el espacio físico y los equipos para montar el laboratorio.

**5.4.4 Recursos financieros.** El proyecto fue financiado en su totalidad por el área de mantenimiento conversión y molinos de la empresa grupo Familia Sancela planta guayabal, la adecuación del espacio físico no está incluida en este proyecto, ya que en la construcción de CLIP, se tuvo en cuenta un espacio físico para el monitoreo de los lubricantes.

A continuación se relacionan los costos del proyecto:

Tabla 2. Costos del proyecto.

Proveedor	Equipo	Cant.	Precio Neto	Precio Total
Mesón en acero inoxidable		1	950.000	950.000
Carro en acero inoxidable para accesorios		1	850.000	850.000
Soporte para cartelera muestras de aceite		1	780.000	780.000
Controlador de estado de aceite TMEH1		1	2.408.007	2.408.007
Viscosímetro NDJ-8S		1	2.645.206	2.645.206
Plancha de calentamiento		1	1.261.000	1.261.000
Kit analizador de grasas TKGT-1		1	1.475.938	1.475.938
Microscopio		1	4.990.000	4.990.000
Lámina porta objetos sencilla (x 100)		1	4.000	4.000
Lámina cobre objetos 22x22 (x 100)		1	4.900	4.900
Barra magnética 8x250mm		4	10.000	40.000
Becker 500 ml		2	7.700	15.400
Bomba de vacío extracción muestras		1	250.000	250.000
Tubería ¼" OD extracción muestras (30m)		1	62.700	62.700
Puertos de muestreo de aceite Ref. 32100		30	72.500	2.175.000
Adaptador puerto de muestro		1	97.000	97.000
Botella muestreo aceite 4 oz		150	500	75.000
Aviso polietileno calibre 100		2	39.000	78.000
Placas marcado punto de monitoreo		50	7.800	390.000
Tubo cónico 50 ml cartelera muestras		75	1.200	90.000
Probeta plástica pp. 50 ml		2	7.000	14.000
Termo higrómetro digital		1	74.000	74.000
Balanza electrónica de 0-400 gr		1	480.000	480.000
			Total	19.210.151

## 6. RESULTADOS DEL PROYECTO

### 6.1 LABORATORIO CLIP (CENTRO DE LUBRICACIÓN INTELIGENTE PROACTIVA)

**6.1.1 Misión.** CLIP tiene como objetivo aumentar la confiabilidad de los equipos de producción y reducción de costos por el consumo de lubricantes y rodamientos, a través de personal, rutas eficientes de lubricación, monitoreo de los lubricantes, con productos y servicios de alta calidad, contribuyendo al mismo tiempo a la conservación del medio ambiente”.

Se puede dividir la actividad de CLIP en dos ramas estrechamente relacionadas. Análisis de vibraciones y el área de lubricación, donde se manejan todos los aceites y grasas lubricantes para los diversos equipos de la planta de molinos y de conversión.

Todos los equipos son lubricados por el personal de CLIP durante los mantenimientos programados a través las hojas de ruta de lubricación arrojadas por el software de mantenimiento.

Adicionalmente CLIP, capacita constantemente a los operarios en temas relacionados con la lubricación de cada equipo bajo su operación. Como parte de la implementación del mantenimiento autónomo en los equipos.

**6.1.2 Historia Laboratorio CLIP.** La idea del laboratorio para el análisis de lubricantes nace de la implementación de las nuevas estrategias de mantenimientos predictivo 2008, el proceso de lubricación, como parte activa en el desarrollo de este proceso, debe tener las herramientas necesarias para contribuir a cumplir los objetivos planteados.

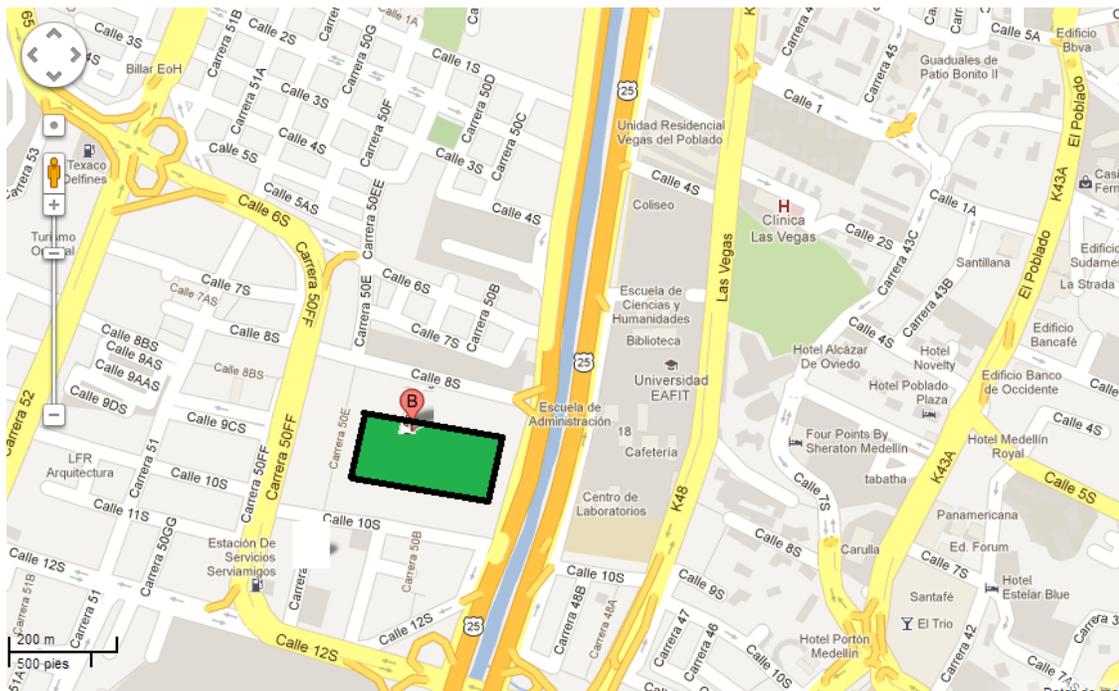
En 2012 se concibe la idea de implementar el laboratorio como la herramienta de apoyo al plan estratégico de mantenimiento predictivo en el GRUPO FAMILIA PLANTA GUAYABAL MEDELLÍN.

Desde su concepción hasta la fecha CLIP busca mejorar la eficiencia y confiabilidad de los equipos de producción, mediante la selección, monitoreo y uso adecuado de productos lubricantes.

Ante las nuevas técnicas y métodos de mantenimiento surgidos y aprobados en otras empresas con mayor industrialización, y ante los retos que plantea una cultura globalizada y competitiva, ha decidido buscar la forma de implementar el laboratorio.

**6.1.3 Ubicación Geográfica.** Para iniciar la implementación de este proyecto del laboratorio, se cuenta con un espacio físico de 5 m<sup>2</sup> ubicado en el área de CLIP, donde se encuentra el equipo de análisis de vibraciones y la sección de almacenamiento de aceites y grasas de la planta ubicada en Guayabal Medellín.

Figura 1. Ubicación Grupo Familia Guayabal Medellín



Autopista sur carrera 50 # 8s 117 Medellín

Fuente: [www.googlemaps](http://www.googlemaps)

Figura 2. Plano distribución física laboratorio Grupo Familia Guayabal Medellín

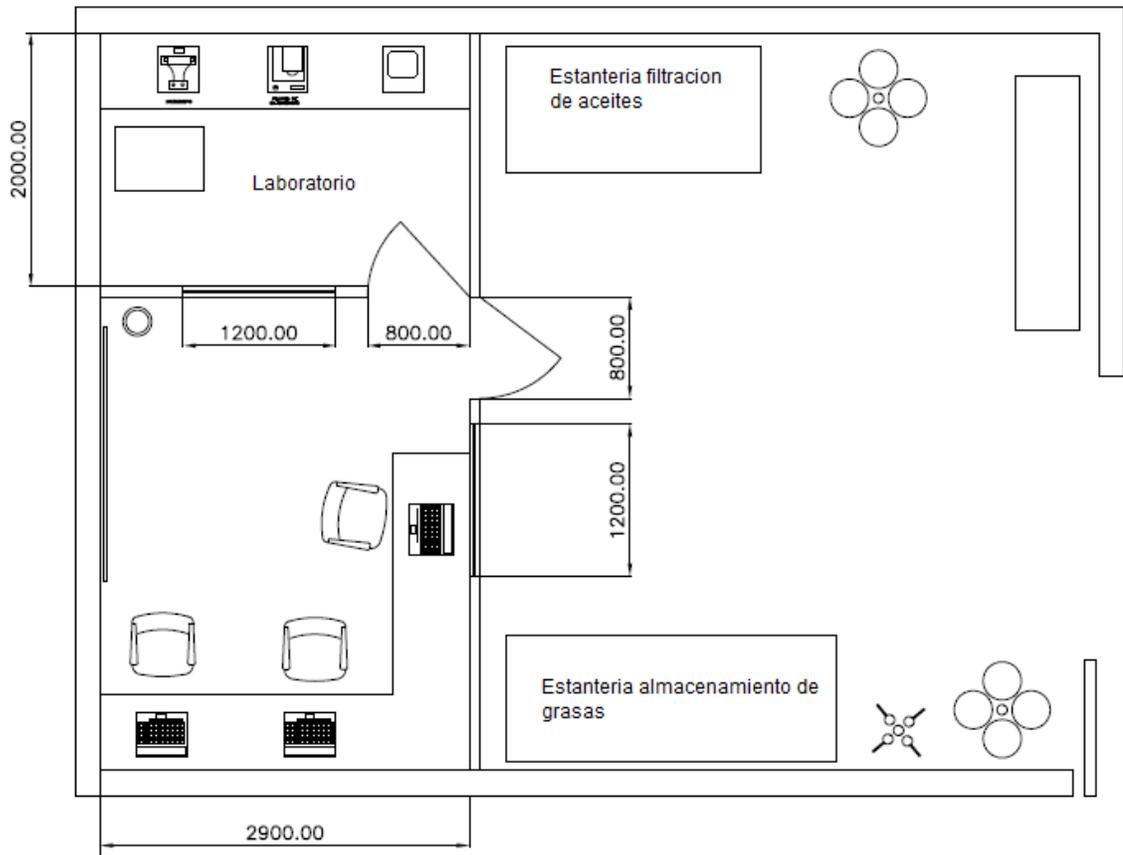


Figura 3. Espacio físico laboratorio monitoreo de lubricantes



## 6.2 SELECCIÓN PRUEBAS A REALIZAR

De acuerdo a las principales variables que se van a monitorear y los equipos adquiridos por la empresa, se hará una breve descripción de las propiedades que se analizarán a los diferentes componentes.

Las rutas de monitoreo iniciales que se van a incluir son las siguientes:

- Monitoreo de viscosidad de unidades hidráulicas.
- Monitoreo de viscosidad de reductores críticos.
- Monitoreo de estado cualitativo de aceite check oil de unidades hidráulicas.
- Monitoreo de estado cualitativo check oil reductores críticos.
- Monitoreo de temperatura de unidades hidráulicas.
- Monitoreo de temperatura reductores críticos.
- Monitoreo de grasa rodillos de embossing máquinas papel higiénico.
- Monitoreo de grasa rodillos de embossing máquinas servilletas.

### 6.3 EQUIPOS DE LABORATORIO QUE SE VAN A INSTALAR

De acuerdo a la asesoría de la empresa DEL MAÍZ cuyo domicilio queda en la ciudad de Cali, y que tiene una amplia experiencia en las mejores prácticas de lubricación de clase mundial, recomendó la adquisición de los siguientes equipos.

**6.3.1 Viscosímetro NDJ-8S.** El viscosímetro permite medir la propiedad de un fluido el cual presenta una oposición a moverse, en este caso analizamos un fluido muy complejo como lo es un aceite, ya sea mineral o sintético. Esta oposición del fluido es llamada viscosidad y puede verse afectada, de una parte por las variaciones internas de su composición y estructura; y por otro lado por las condiciones externas tales como la temperatura y la presión.

La temperatura es el factor que más afecta la viscosidad, así cuando la temperatura aumenta, la viscosidad disminuye y el aceite presenta un mejor estado de fluidez. Por el contrario si la temperatura disminuye, la viscosidad aumenta y el aceite fluye menos rápido.

Existen varias normas para clasificar la viscosidad de un aceite, entre ellas la norma ISO, algunos aspectos importantes que son necesarios tener en cuenta con la clasificación ISO son:

- Únicamente clasifica aceites industriales.
- Clasifica los aceites en cst a 40°C.
- Únicamente se relaciona con la viscosidad del aceite y no tiene nada que ver con su calidad.
- El grado ISO aparece al final del nombre del aceite, cualquiera sea su marca.

Como la medida de viscosidad dada por el viscosímetro NDJ-8S (ver figura 2) está en cent poise (Cps), es necesario hacer la conversión a Centistoke (cst), mediante la siguiente fórmula:

$$cSt = \frac{\text{resultado obtenido del viscosímetro (cPs)}}{\text{Densidad } (\rho)}$$

Figura 4. Viscosímetro digital



**6.3.2 Plancha de calentamiento modelo hs7 digital.** Esta plancha es utilizada para calentar las muestras de aceite a la temperatura de prueba de viscosidad 40°C y 100°C, ya que la temperatura influye representativamente en la viscosidad de los aceites (ver figura 2).

**6.3.3 Viscosímetro manual visgage 0-400 cst.** El viscosímetro chequea la viscosidad de aceites en campo: Sin termómetros o relojes de parada. El viscosímetro puede ser usado para comprobar cualquier aceite desde aceites de engranajes pesados, hasta aceites hidráulicos.

Este viscosímetro es probablemente el instrumento más utilizado para el análisis de aceites usados.

El Principio de operación está basado en la comparación de la viscosidad de una muestra de aceite con un aceite al cual se le conozca la viscosidad. La viscosidad es leída directamente en Centistoke a 40 grados °C.

No requiere hacer cálculos, tiene una precisión de 95% la cual es más fácil de lograr al realizar varias pruebas. En algunos casos con la práctica se pueden obtener excelentes resultados con una precisión mucho más cerrada.

Este viscosímetro es muy utilizado por 4 buenas razones:

- Fácil operación.
- Requiere solo una muestra de 10 cm<sup>3</sup>.
- Resultado rápido sin ningún cálculo.

Figura 5. Viscosímetro manual



**6.3.4 Equipo comparador de aceites TMEH1.** El Oilcheck detecta y mide la constante dieléctrica de un aceite. Al comparar las mediciones obtenidas de aceites utilizados y sin utilizar de la misma marca, el Oilcheck determina el grado de cambio en la constante dieléctrica del aceite. El cambio dieléctrico está directamente relacionado con el nivel de degradación y contaminación del aceite y ayuda a optimizar los intervalos entre los cambios de aceite, a detectar el desgaste mecánico aumentado, así como la pérdida de las Propiedades lubricantes del aceite.

Para facilitar el registro de las tendencias, este equipo está equipado con un indicador numérico. Para conseguir resultados óptimos se debe utilizar una muestra de aceite representativa y que su temperatura no sea mayor de 40° C.

La muestra debe ser mezclada para que sea homogénea y no vayan a producirse variaciones durante la prueba.

La interpretación de los resultados se da de acuerdo a los colores y el valor numérico arrojado en la pantalla así:

**Área verde:** Los aceites que se encuentran en este rango, están en buenas condiciones y continúan en el equipo

**Área amarilla:** Los aceites que se encuentran en este rango, presentan algún incremento en el deterioro de las propiedades, generalmente la oxidación de este o el agotamiento de los aditivos antioxidantes.

**Área roja:** Los aceites que se encuentran en este rango, nos indican que debe ser programado su cambio, ya que debido a la contaminación, oxidación y formación de ácidos incrementan el valor de la constante dieléctrica de los aceites.

Figura 6. Comparador cualitativo de aceites

Aceite nuevo



Aceite usado



### 6.3.5 Microscopio digital B-350

Figura 7. Microscopio



Mediante este equipo es posible analizar una muestra de aceite o de grasa, y verificar mediante un patrón inicial el incremento de la cantidad de partículas presentes en la muestra para la detección temprana de un problema mecánico que se manifiesta a través del desprendimiento de una cantidad y un tamaño anormal de partículas de desgaste, seguidamente se almacenan los datos de dicho perfil y concentración de partículas en el tiempo, y con un histórico de registros proyectados permite elaborar una predicción de la anomalía y el avance de una falla potencial en los componentes del equipo analizado.

El equipo viene equipado con cámara de video, y es posible tener el registro de todas las muestras para su almacenamiento y posterior avance.

**6.3.6 Equipo análisis de grasas TGT-1.** Monitorear la condición de la grasa proporciona información valiosa sobre la condición de esta. Se pueden monitorear los cambios en las propiedades de la grasa y contribuir a evaluar su vida útil en depósito, calidad y desempeño, elaborar tendencias para determinar el mejor intervalo de re lubricación, además de detectar cambios en el color. Con este equipo se puede controlar las principales variables de las grasas, tales como prueba de consistencia, prueba de separación de aceite, prueba de contaminación.

Figura 8. Equipo análisis de grasas



**6.3.7 Bomba de vacío recolección muestras de aceite.** Esta es una herramienta necesaria para extraer la muestra de aceite del equipo sin riesgo a ser contaminada, de una forma segura y con accesorios como los puertos y el adaptador se puede realizar con equipo en marcha y de una manera ágil.

Este implemento para la toma de muestras utiliza recipientes esterilizados de 4 onzas (120 ml), con una manguera flexible la cual permite extraer las muestras de los lugares más representativos del equipo.

Figura 9. Bomba de vacío recolección muestras de aceite



**6.3.8 Barras recuperadoras.** Son ejes flexibles de teflón con un extremo magnético, estos elementos permiten recuperar partículas ferrosas suspendidas en el aceite, las cuales por su tamaño y morfología pueden dar un indicador del tipo de desgaste de los componentes de un equipo al observarlas en el microscopio.

En la utilización de esta técnica, es primordial la habilidad para el posicionamiento de las barras recuperadoras ya que en los mecanismos existen conductos y espacios que requieren un especial cuidado para la captura efectiva de partículas.

Figura 10. Barras recuperadoras



**6.3.9 Pistola de temperatura.** Este equipo toma la temperatura desde una distancia máxima de 20 cm, permitiendo monitorear los lubricantes de los equipos de un forma segura y en movimiento, es de fácil utilización solo se debe tener en cuenta que el rayo láser no choque con ningún otro componente en la dirección del punto de toma de temperatura.

Figura 11. Pistola para toma de temperatura



## **6.4 PROGRAMA DE MUESTREO**

**6.4.1 Análisis de criticidad.** Los equipos seleccionados para la ruta de monitoreo se establecieron de acuerdo a los siguientes criterios:

### **Criticidad del equipo**

Los equipos críticos son los primeros en incluir en la ruta de monitoreo ya que de estos equipos depende el cumplir con las metas de producción y mantener los inventarios, un paro de estos equipos generan grandes traumatismos y se pone en entredicho su confiabilidad.

### **Costo de la reparación**

Algunos componentes de los equipos son de alto costo y no se mantiene en inventario ya que no es una buena práctica mantener un almacén lleno de repuestos, una buena estrategia es mantener estos componentes monitoreados y estar preparados para minimizar las consecuencias en caso que fallen.

### **Complejidad del componente**

Muchos componentes requieren de un trabajo complejo para ser reemplazados, mantener este criterio presente y buenas estrategias de monitoreo permite mantener el grado de confiabilidad requerido por producción.

Inicialmente estos son los equipos que están incluidos en la ruta de monitoreo:

### **CONVERTIDORA PERINI-3**

Monitoreo de viscosidad, estado de aceite y temperatura

- Unidad hidráulica desenrollador 1
- Unidad hidráulica desenrollador 2
- Unidad hidráulica laminador
- Reductor desenrollador 1
- Reductor desenrollador 2
- Reductor transmisión moletas

Monitoreo de grasa

- Rodillo metálico micro embossing
- Rodillo de caucho micro embossing
- Rodillo anilox laminador
- Rodillo clichet laminador
- Rodillo metálico macro embossing
- Rodillo de caucho macro embossing
- Rodillo presor

### **SERVILLETERA BRETTING-12**

Monitoreo de viscosidad, estado de aceite y temperatura

- Unidad hidráulica desenrollador
- Reductor transmision rodillos de embossing
- Caja transmision corte y doblado

Monitoreo de grasa

- Rodillo de embossing macho
- Rodillo de embossing hembra

### **SEVILLETERA-14**

Monitoreo de viscosidad, estado de aceite y temperatura

- Unidad hidráulica rodillos embossing servilleta de lujo
- Reductor transmision laminador
- Reductor transm cabezal de doblado
- Reductor transm bandas unidad de tranferencia

Monitoreo de grasa

- Rodillo de embossing metálico superior
- Rodillo de embossing metálico inferior
- Rodillo de embossing de lujo macho
- Rodillo de embossing de lujo hembra

### **TOALLA DE MANOS BRETTEG-3**

Monitoreo de viscosidad, estado de aceite y temperatura

- Unidad hidráulica desenrollador
- Reductor transmisión rodillo anilox laminador

Monitoreo de grasa

- Rodillo de embossing metálico superior
- Rodillo de embossing metálico inferior

### **SERVILETA-15 CHANLI**

Monitoreo de viscosidad, estado de aceite y temperatura

- Bomba de vacío de alta
- Bomba de vacío de baja
- Reductor desenrollador 1
- Reductor desenrollador 2
- Reductor embossing 1
- Reductor embossing 2

Monitoreo de grasa

- Rodillos de embossing 1
- Rodillos de embossing 2

## PAÑUELO FACIAL CHANLI

Monitoreo de viscosidad, estado de aceite y temperatura

- Bomba de vacío de alta
- Bomba de vacío de baja
- Reductor desenrollador 1
- Reductor desenrollador 2
- Reductor laminador 1
- Reductor laminador 2

Monitoreo de grasa

- Rodillos de embossing 1
- Rodillos de embossing 2

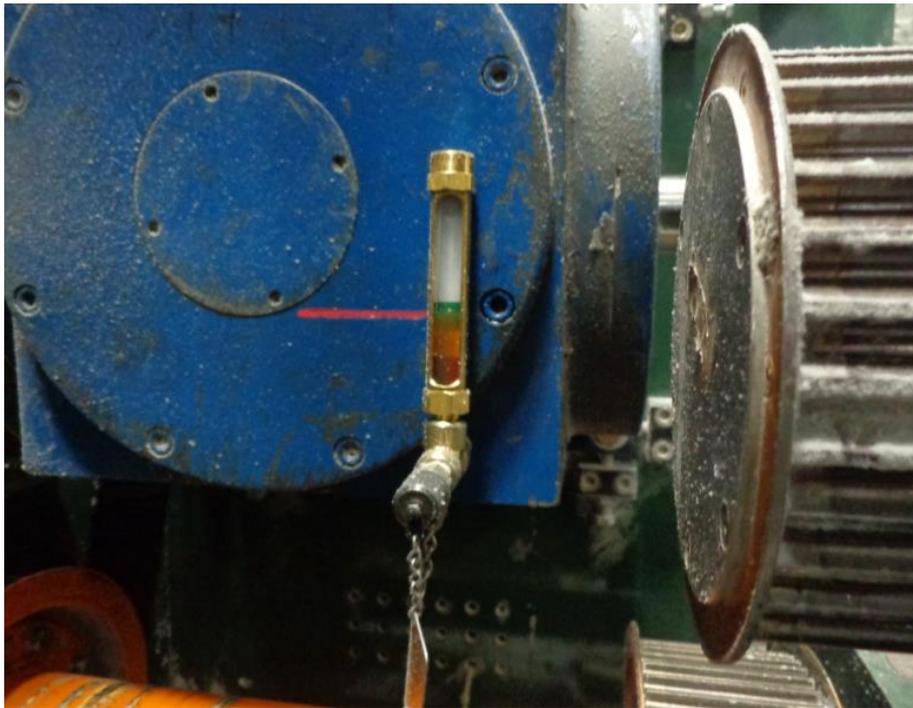
**6.4.2 Acondicionamiento de equipos.** Para que una muestra de aceite sea representativa para el análisis, esta debe ser siempre tomada de un mismo punto en el equipo, para esto es necesario acondicionar los equipos de manera que esta labor se pueda realizar de forma segura y garantizando que la muestra no va a ser contaminada en el momento de tomarla.

Se realizó una búsqueda con proveedores externos, y se adquirieron los puertos de muestreo diseñados especialmente para esta labor, los cuales permiten tomar la muestra con el equipo en marcha y siempre en la misma ubicación, sin generar riesgos al lubricador.

Figura 12. Puerto de muestreo unidad hidráulica



Figura 13. Puerto de muestreo reductor de velocidad

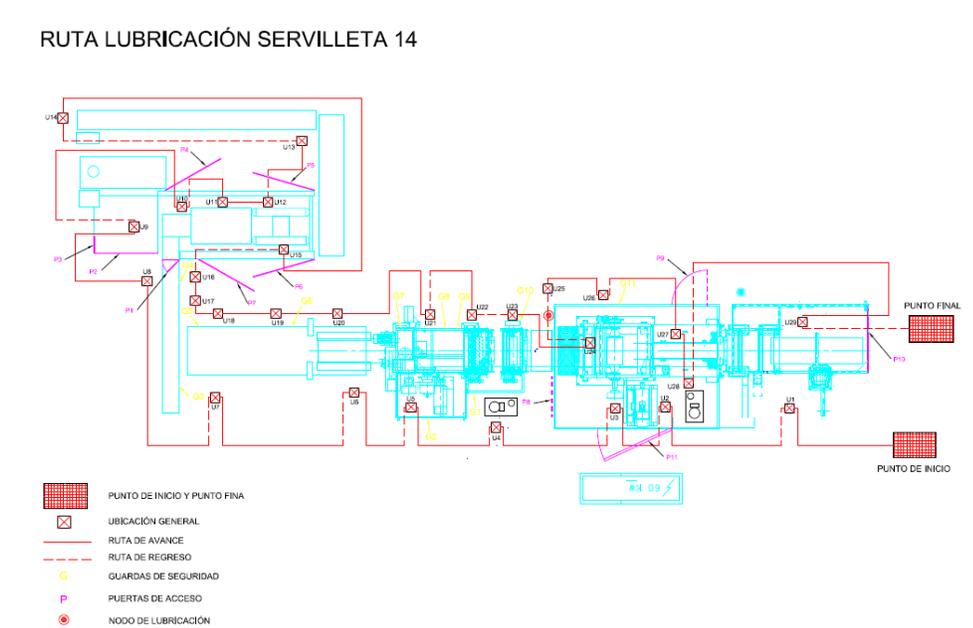


**6.4.3 Formatos toma de muestras.** Estos formatos son llamados hojas de ruta, en el cual va la información requerida para acceder al equipo de la maquina donde se va a realizar la toma de muestra del lubricante. En la hoja de ruta se designa la máquina, la ubicación, la tarea a realizar, y se describe la clase de aceite, también la condición de maquina (0-maquina parada, 1-maquina en movimiento) y el tiempo estimado para la labor.

Figura 14. Formato hoja de ruta para toma de muestras de aceite

HOJA DE RUTA 3M (67) TOMA DE MUESTRA ACEITES EQUIPOS CONVERSION									
ORDEN SAP: _____					HORA INICIO		:		
FECHA: _____					HORA FIN		:		
POR: _____					GRUPO H DE RUTA (22), CONTADOR HOJA DE RUTA(60)				
MAQUINA	Operación	Texto explicativo	Estado Instalación	Duración	Unidad	Texto Breve Cic Paqu	OK		
PERINI-3	10	PERINI 3, DES ENROLLADOR N°1 (TRASERO) ubicación U3.1 TOMAR MUESTRA DE ACEITE UNIDAD HIDRAULICA ACEITE MOBIL DTE 25	1	15	MIN	3M			
	20	PERINI 3, DES ENROLLADOR N°2 (CENTRAL) ubicación U7.1 TOMAR MUESTRA DE ACEITE UNIDAD HIDRAULICA ACEITE MOBIL DTE 25	1	15	MIN	3M			
	30	PERINI 3, LAMINADOR ubicación U18.1 TOMAR MUESTRA DE ACEITE ACEITE MOBIL DTE 25	1	15	MIN	3M			
	40	PERI 3, DESEENROLLADOR 1 ubicación U27.2 TOMAR MUESTRA DE ACEITE REDUCTOR, ACEITE MOBIL 600XP220	1	15	MIN	3M			
	50	PERI 3, DESEENROLLADOR 2 ubicación U27.3 TOMAR MUESTRA DE ACEITE REDUCTOR, ACEITE MOBIL 600XP220	1	15	MIN	3M			
	60	PERI 3, MOLETAS ubicación U27.4 TOMAR MUESTRA DE ACEITE REDUCTOR, ACEITE MOBIL 600XP220	1	15	MIN	3M			
SERV-12	70	SERV-12, DES ENROLLADOR ubicación U8.1 Tomar muestra de aceite unidad hidraulica, ACEITE MOBIL DTE 25	1	15	MIN	3M			
	80	SERV-12, TRANSMISION EMBOSSING, ubicación U3.1 TOMAR MUESTRA DE ACEITE REDUCTOR, ACEITE MOBIL 600XP220	1	15	MIN	3M			
	90	SERV-12, UNIDAD DE CORTE Y DOBLADO, CAJA TRANS PPAL RODILLOS DE CORTE, ubicación U2.1 TOMAR MUESTRA DE ACEITE DEPOSITO, ACEITE MOBIL 600XP220	1	15	MIN	3M			

Figura 15. Plano hoja de ruta equipo a monitorear



El plano de la ruta de lubricacion de cada equipo, figura 15. es la guia para la ubicación exacta del punto donde se encuentra ubicado el punto para tomar la muestra de aceite.

**6.4.4 Procedimiento.** Con el fin de que los resultados del análisis de aceite sea lo más representativo posible, independiente si es cualitativo o cuantitativo, es indispensable que la muestra sea tomada siempre del mismo lugar evitando ser contaminada, para ello se implementó los puertos de muestreo (ver figura 12 y 13) con lo cual se garantiza una muestra representativa.

Los puntos de toma de muestra están ubicados la mayoría en la mitad del nivel de aceite del depósito o un poco más abajo, con esto se garantiza una muestra libre de contaminantes que son perjudiciales para algunos equipos de laboratorio y que no representan el cambio de alguna variable del aceite.

**Limpieza del puerto de muestreo.** Antes de tomar la muestra es necesario asegurarse que el punto de toma de la muestra este totalmente limpio, aunque los puertos utilizan tapón con empaque, para evitar el ingreso de contaminantes, se limpia el exterior del tapón antes de acoplar la bomba.

**Frasco para toma de muestra de aceite.** Se debe utilizar un frasco transparente de 120 ml de capacidad, (ver figura 16) que cuente con una tapa hermética.

Figura 16. Frasco y etiqueta para toma de muestra de aceite



**Identificación de la muestra de aceite.** El frasco donde se va a alojar la muestra debe estar marcado con los siguientes datos:

- Fecha
- Nombre de la empresa
- Nombre y código del equipo
- Nombre y marca del aceite
- Identificación del punto de muestreo
- Volumen de aceite del equipo
- Volumen de aceite añadido entre cambios
- Temperatura de trabajo del aceite
- Horas de operación del aceite

En la mayoría de los casos el aceite puede contener agua debido a la condensación del vapor presente en el aire que se encuentra en el equipo. Si las propiedades demulsificantes del aceite están dentro de especificaciones, el agua se separa de este, depositándose en el fondo del cárter del equipo, debido a este fenómeno se debe drenar el agua presente en el aceite antes de recoger la muestra para análisis en el laboratorio.

Para cada muestra se recorta 50 cm de manguera flexible PA 6mm, también se debe tener en cuenta que para los aceites con viscosidad superior a 220 cst, se

debe succionar de forma lenta y tomar pausas de 5 segundos, ya que se dificulta la circulación por la manguera.

Para las unidades hidráulicas en donde el puerto de muestreo se encuentra instalado en la línea de presión antes del filtro, no es necesario utilizar la bomba de vacío, ya que el fluido circula bajo la presión del sistema y no hay necesidad de succionar el aceite.

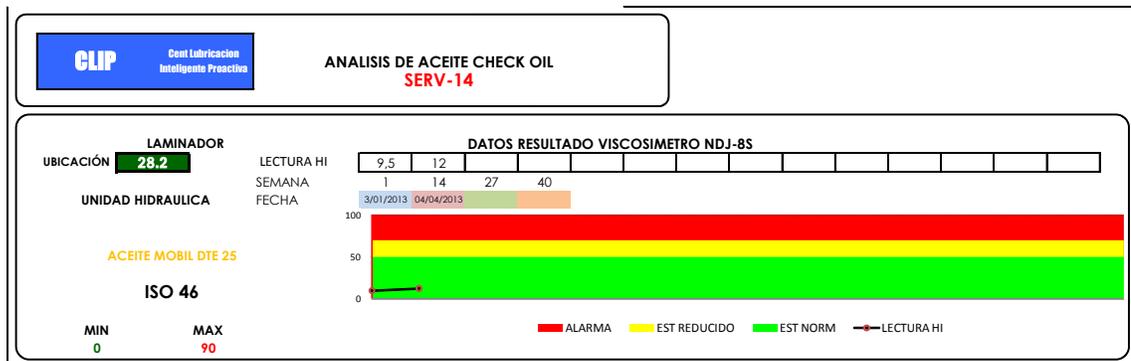
Se debe tener especial cuidado con el envase utilizado para la muestra de aceite, solo se debe abrir en el momento de toma de muestra para evitar que esta se contamine con el ambiente.

Al envase que contiene la muestra se le debe colocar una etiqueta adhesiva con los datos anteriormente mencionados. (Ver figura 16).

**Observaciones.** Tener especial cuidado de los equipos con volumen de aceite inferior a 1 litro, no dejar sin lubricante los componentes de este mientras se toma la muestra

**6.4.5 Formato resultados. Monitoreo de aceite checkoil.** Para visualizar mejor los cambios se establece la siguiente grafica en la cual se registra la fecha y la semana de toma de muestra, así como también el valor de la lectura, el color se visualiza automáticamente.

Figura 17. Grafica estado de aceite tomado con el check oil



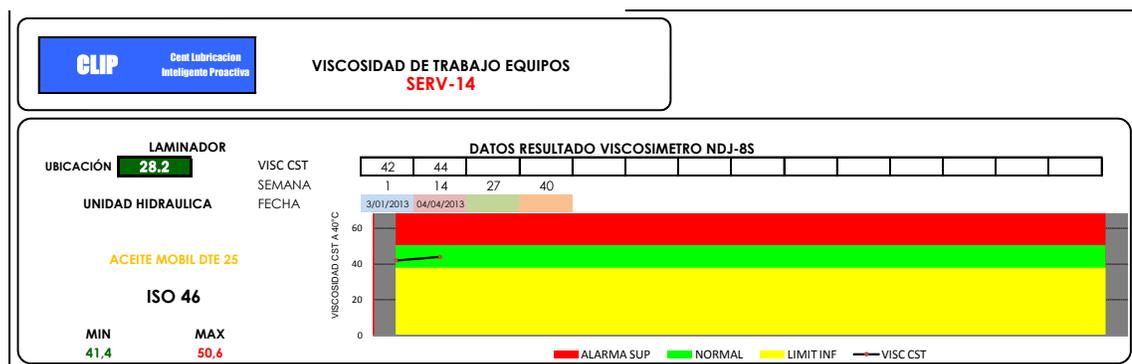
**Viscosidad.** Para visualizar mejor los cambios se establece la siguiente grafica en la cual se registra la fecha de toma de muestra y el valor de la viscosidad en Cst a 40°C, con lo cual es posible visualizar la tendencia y tomar decisiones.

Todos los aceites tienen un rango superior e inferior para mantener la viscosidad, en la siguiente tabla se encuentra el margen según la viscosidad para los aceites industriales.

Tabla 3. Rango de viscosidad de los aceites industriales.

Clasificación viscosidad aceites industriales sistema ISO		
GRADO ISO	Cst/40C°	
	Mín.	Máx.
22	19,8	24,2
32	28,8	35,2
46	41,4	50,6
68	61,2	74,8
100	90	110
150	135	165
220	198	242
320	288	352
460	414	506
680	612	748
1000	900	1100
1500	1350	1650

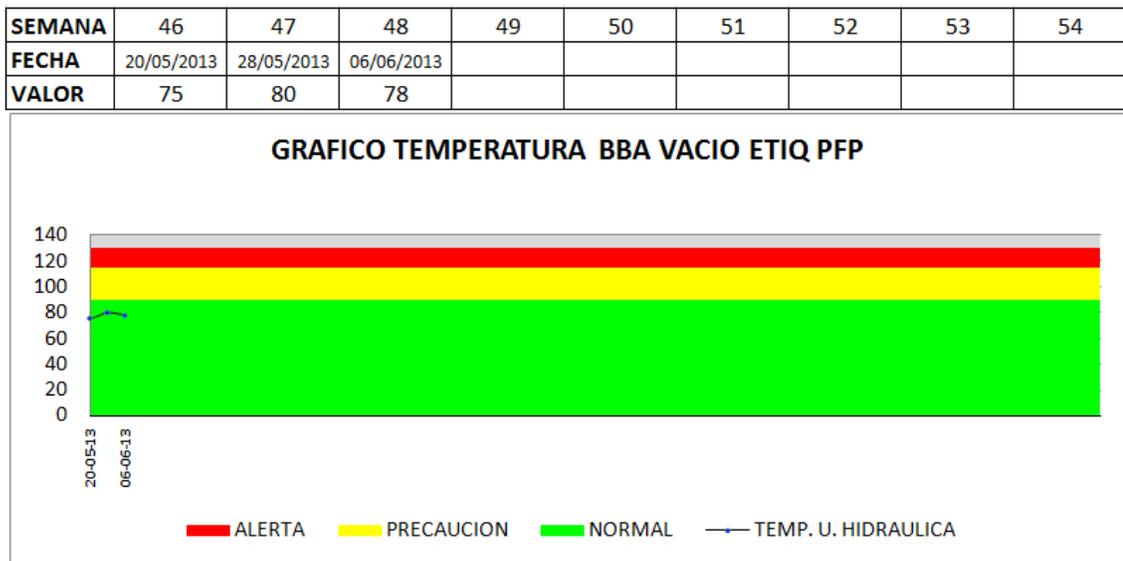
Figura 18. Gráfica monitoreo de viscosidad viscosímetro NDJ 8S.



**Temperatura.** Los cambios en las variables de los aceites o una anomalía en el funcionamiento de los equipos se evidencian con cambios de temperatura. Una ruta de monitoreo de la temperatura semanal en todos los equipos lubricados especialmente reductores y unidades hidráulicas, indica si es el tiempo requerido para alcanzar a analizar las principales propiedades del lubricante en el equipo y a tomar decisiones si es del caso.

La gráfica de temperatura ayuda a visualizar rápidamente el cambio y la tendencia de esta a través del tiempo.

Figura 19. Gráfica monitoreo temperatura equipos



## 7. 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 está encargado. Entendiéndose por Gestión de Lubricación, al ciclo que va desde la selección, aplicación o usos, pasando por el almacenamiento, control y disposición final de los lubricantes. Donde el análisis de lubricantes usados es la principal herramienta para controlar su desempeño.

Existe mucha información referida al tema de los lubricantes y lubricación, 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 y confiabilidad 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 estos y el diagnóstico más preciso de posibles fallas.

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 del estado de los lubricantes y del nivel de desgaste de los equipos, para determinar tendencias y tomar decisiones a tiempo sobre las intervenciones a realizar.

## GLOSARIO

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

**ANÁLISIS:** es la descomposición de un todo en sus distintos elementos constituyentes, con el fin de estudiar estos de manera separada, para luego, en un proceso de síntesis, llegar a un cabal conocimiento integral.

**ASESORÍA:** acompañar, brindar consejo técnico, revisar los resultados y ayudar a encontrar soluciones en conjunto con el cliente.

**CHUMACERA:** un tipo de cojinete deslizante teniendo movimiento ya sea oscilatorio o rotatorio en conjunto con el muñón con el que opera.

**COJINETE:** pieza o elemento mecánico que sirve de apoyo a un eje, le facilita su giro y reduce fricción y esfuerzos. Según el tipo de contacto entre las piezas, pueden ser de deslizamiento o de rodadura y, según el elemento de rodadura que llevan en su interior, los hay de bolas, de rodillos o de agujas. También, hay cojinetes radiales o axiales en función del tipo o sentido del esfuerzo sobre el mismo.

**CONFIABILIDAD:** es la probabilidad de desarrollar una función específica bajo unas condiciones determinadas, durante un período de tiempo sin presentar falla.

**COSTO:** recurso que se sacrifica o al que se renuncia para alcanzar un objetivo específico. Representa la inversión necesaria para producir o adquirir artículos para la renta.

**DESGASTE:** la pérdida de material de la superficie como resultado de una acción mecánica.

**EMBOSSING:** gravar en alto relieve una figura en la superficie de una hoja de papel por la acción de un rodillo metálico vs un rodillo de caucho con la acción continua de una presión hidráulica o neumática.

**ESPECTROFOTOMETRÍA:** método de análisis óptico que permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad desconocida de soluto, y una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia.

**FALLA:** pérdida de la capacidad de un activo para cumplir la función establecida desde su diseño.

**LUBRICANTE:** cualquier sustancia que se interpone entre dos superficies en movimiento relativo con el propósito de reducir la fricción y el desgaste entre ellas.

**MANTENIMIENTO PREDICTIVO:** tareas de seguimiento del estado y desgaste de una o más piezas o componente de equipos prioritarios, a través de análisis de síntomas, análisis por evaluación estadística, las cuales determinen el punto exacto de su sustitución.

**MANTENIMIENTO:** tareas necesarias para que un equipo sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.

**RIESGO AMBIENTAL:** posibilidad de que se produzca un daño o catástrofe en el medio ambiente natural o social por causa de un fenómeno natural o una acción humana.

**VISCOSIDAD:** medida de la resistencia de un líquido a fluir. La medida común métrica de la viscosidad absoluta es el Poise, que es definido como la fuerza necesaria para mover un centímetro cuadrado de área sobre una superficie paralela a la velocidad de 1 cm por segundo, con las superficies separadas por una película lubricante de 1 cm de espesor.

## BIBLIOGRAFÍA

ALBARRACÍN, Pedro y RODRIGUEZ Carlos Figeredo. Seminario Vibraciones, Tribología y confiabilidad.2001

ALBARRACÍN, Pedro. Lubricación Industrial y Automotriz. Tomo 1 cuarta edición Ed. Omega.

----- . Seminario Confiabilidad de máquinas Nivel III, 2010

----- . Seminario Técnico Análisis de aceites 2013

MOUBRAY, Jhon. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Aladon LLC, 1991.