

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y AMBIENTAL**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y  
ELÉCTRICA**



**“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE  
ANÁLISIS DE ACEITE EN CAJAS REDUCTORAS DE LA LÍNEA  
BOPP, BOPET, EN LA EMPRESA OPP FILM S.A.”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

RIVERA CUNYAS, DARIO

**Villa El Salvador  
2016**

## DEDICATORIA

Con mucho cariño a mi papá Basilio y mi madre Rosalía por haberme traído al mundo y que día a día me incentivan en el esfuerzo y la perseverancia. A mis hermanos especialmente a Guillermo y a mí cuñada Marlene, ya que sin su apoyo y respaldo no hubiera sido posible llegar a culminar mi objetivo.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur “UNTELS”; a la Escuela de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y a los docentes, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Al comité organizador Lic. Mirna Manco e Ing. Omar Chamorro Atalaya por su importante contribución en el desarrollo del programa de actualización.

A las representativos y trabajadores de la empresa OPP FILM S.A. Por su confianza y su apoyo en el desarrollo del presente proyecto.

A los amigos y compañeros que estuvieron presentes dándome fuerzas para vencer los obstáculos en el largo trayecto de este camino.

## INDICE

INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	11
1.2. Justificación del Proyecto.....	12
1.3. Delimitación del Proyecto .....	12
1.4. Formulación del Problema.....	13
1.5. Objetivos. ....	13
1.5.1.Objetivo General.....	13
1.5.2. Objetivos Específicos .....	14
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO.....	15
2.1. Antecedentes de la Investigación. ....	15
2.2 Bases Teóricas. ....	17
2.3. Marco Conceptual.....	60
CAPÍTULO III: DISEÑO DE UN PROGRAMA DE ANALISIS DE ACEITE.....	68
3.1 Análisis Por Sistemas de la línea (bopp y bopet).....	68
3.2. Diseño del programa de mantenimiento predictivo .....	73
3.3 Revisión y Consolidación de Resultados. ....	85
CONCLUSIONES .....	90
RECOMENDACIONES .....	91
BIBLIOGRAFÍA. ....	92
ANEXOS .....	93

## LISTADO DE FIGURAS

Figura N° 1	Evolución del mantenimiento actual .....	19
Figura N° 2	Curva de bañera .....	24
Figura N° 3	Costo de mantenimiento vs tipo de mantenimiento .....	24
Figura N° 4	Matriz de criticidad .....	25
Figura N° 5	Niveles de análisis para evaluar criticidad .....	26
Figura N° 6	Criterios para estimar frecuencia .....	28
Figura N° 7	Criterios y rasgos para estimar las consecuencias de las fallas .....	28
Figura N° 8	Matriz de criticidad .....	30
Figura N° 9	Caja reductora de engranajes.....	33
Figura N° 10	Molde chino para fabricar engranajes.....	34
Figura N° 11	Mecanismo de Antikythera.....	35
Figura N° 12	Engranaje helicoidal de Leonardo .....	36
Figura N° 13	Transmisión de Da Vinci .....	37
Figura N° 14	Transmisión trasera de un carro .....	38
Figura N° 15	Transmisión antigua .....	39
Figura N° 16	Grúa accionada con engranajes .....	40
Figura N° 17	Obtención del lubricante .....	42
Figura N° 18	Como se obtiene los lubricantes .....	44
Figura N° 19	Viscosidad dinámica .....	47
Figura N° 20	Ubicación de la empresa en globo terráqueo .....	70
Figura N° 21	Opp film .....	70
Figura N° 22	Línea BOPP .....	71
Figura N° 23	LINEA BOPP (planta n°2) .....	71
Figura N° 24	Sistemas de la línea BOPP, BOPET.....	72
Figura N° 25	Punto de muestreo .....	75
Figura N° 26	Bomba manual de muestreo.....	76
Figura N° 27	Botellas de muestra .....	76
Figura N° 28	Bolsa de protección .....	76
Figura N° 29	Botella de aceite .....	77
Figura N° 30	Bombas de vacío .....	77
Figura N° 30	Rutinas y excepción.....	78
Figura N° 31	Límites de análisis de aceite.....	81
Figura N° 32	Límites de envejecimiento .....	82
Figura N° 33	Patrones proactivos .....	83
Figura N° 34	Datos predictivos .....	84
Figura N° 35	Datos determinísticos .....	85
Figura N° 36	Datos probabilísticos.....	85
Figura N° 37	Gráficos de indicadores de mantenimiento.....	90

## LISTADO DE TABLAS

Tabla N° 1	Propiedades físicas de aceite básico.....	32
Tabla N° 2	Tipo de lubricante para transmisiones.....	42
Tabla N° 3	Tipo de lubricante según norma SAE.....	45
Tabla N° 4	Clasificación viscosidad en el sistema ISO.....	46
Tabla N° 5	Fuente propia.....	61
Tabla N° 6	Elaboración propia.....	68
Tabla N° 7	Pruebas de análisis de aceite.....	69
Tabla N° 8	Código de limpieza ISO 1406.....	69
Tabla N° 9	Código de limpieza para reductores.....	71
Tabla N°10	Límites permisibles.....	72
Tabla N°11	Aplicaciones.....	73
Tabla N°12	Límites de envejecimiento.....	74
Tabla N°13	Interpretación y respuesta de datos basados en límites simples...77	

## INTRODUCCIÓN.

El diseño de un programa de mantenimiento predictivo en el área de mantenimiento de la empresa OPP FILM S.A., será realizada mediante el análisis de aceite de los equipos críticos (cajas reductoras).

El proyecto de ingeniería que se presenta a continuación tendrá como objetivo general proponer el diseño de un programa de mantenimiento predictivo a cajas reductoras de las líneas BOPP, BOPET en la empresa OPP FILM S.A, que sea factible para la empresa.

### Capitulo I.

En este capítulo se realizara la recopilación de información necesaria para fundamentar el proyecto a realizarse, como es conceptos teóricos antecedentes, marco teórico, que facilite al lector enfatizarse sobre los temas a tratar en la tesina.

El diseño de mantenimiento predictivo es un procedimiento periódico para minimizar el riesgo de fallo hacia futuro y asegurar la continua operación de los equipos, logrando de esta manera extender su vida útil. Esto incluye, inspección visual, toma de muestra de aceite. Así aumentando la seguridad del equipo y reduciendo la probabilidad de fallas mayores; pero no se excluye el mantenimiento preventivo que a diario debe realizar el mecánico encargado de cada línea que es la revisión diaria del nivel de aceite y temperatura diaria de las de las cajas reductoras de las líneas BOPP, BOPET, Que son los equipos que generan los mayores ingresos.

La elaboración de un diseño de mantenimiento predictivo beneficiara a la empresa en evitar la parada no planificada de la línea, por ello generara mayor producción de lo establecido.

En el rubro actual, predominan las atenciones diarias o llamados mantenimientos preventivos y correctivos en las especialidades de mecánica y electrónica, electricidad, etc. La propuesta presentada en el informe es reducir estas atenciones a través de los mantenimientos predictivo trimestrales que manejaremos además de un buen plan de mantenimiento en equipos e infraestructura critica como son las cajas reductoras de las líneas BOPP, BOPET.



## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la Realidad Problemática.**

La necesidad de contar con el diseño de un programa de mantenimiento predictivo nos conlleva a la visión que se tiene de la mejora continua que tiene el área, la empresa al ser un rubro dedicada a la desarrollo y a la producción y comercialización de láminas de polipropileno, se dedica a minimizar los costos teniendo como principal actividad de mantenimiento correctivo y preventivo apenas se tenga un problema de servicios, estos problemas no son atacados de raíz lo cual en el transcurso del tiempo incurren en sobre costos además de la perdida por paradas no programadas que traen consigo perdidas por hora.

Los principales problemas que se observaron en la evaluación son

- La falta de un programa que permita realizar un seguimiento de los trabajos en el área de mantenimiento
- La falta de un plan de mantenimiento predictivo anual
- La falta de capacitaciones de los técnicos de la empresa con respecto a mantenimiento predictivo.

## 1.2. Justificación del Proyecto

De acuerdo a lo mencionado y teniendo en consideración los aspectos importantes que resulta la elaboración de un diseño de mantenimiento predictivo para la gestión de mantenimiento, podemos conseguir mejorar el tiempo de atención que las líneas necesitan ante sus problemas repetitivos los cuales se vuelven críticos cuando no se resuelve de manera correcta causando malestares en el área de operaciones

Con la implementación de un diseño de un programa de mantenimiento predictivo podremos realizar seguimiento a los trabajos fortaleciendo y dando mayor importancia a la labor de los técnicos de mantenimiento para que puedan anticiparse a problemas que puedan suceder en las cajas reductoras realizando la toma de muestra bimestral de los equipos de la empresa.

## 1.3. Delimitación del Proyecto

Este proyecto de investigación se desarrollara dentro de las instalaciones de la empresa OPP FILM S.A. (Oben Group) ubicado en: AV. SAN PEDRO NRO. S/N URB. PREDIO SAN VICENTE (SUB LOTE B-48B) LIMA, LIMA, LURIN.

## 1.4. Formulación del Problema.

### 1.4.1. Problema General

¿De qué manera aseguraremos la disponibilidad de las cajas reductoras de la línea BOPP, BOPET, en la empresa OPP FILM S.A?

### 1.4.2. Problemas específicos.

- a) ¿Cómo podremos realizar un seguimiento adecuado a los trabajos realizados por los técnicos encargados del área de predictivo?
- b) ¿Se puede cuantificar los gastos de mantenimiento con un programa de mantenimiento predictivo mediante análisis de aceite?
- c) ¿Contamos con técnicos especializados para cada labor de mantenimiento predictivo dentro de la empresa?

## 1.5. Objetivos.

### 1.5.1. Objetivo General

Diseñar un programa de mantenimiento predictivo de análisis de aceite aplicado a cajas reductoras de la línea BOPP-BOPET, en la empresa OPP FILM S.A que garantice la calidad del aceite.

### 1.5.2. Objetivos Específicos

- a) Brindar un procedimiento adecuado y simple de cómo realizar u muestreo de aceite, ya sea nuevo o usado.
- b) Reducir los costos de mantenimiento ligados al equipo de la línea BOPP, BOPET.
- c) Capacitar al personal de mantenimiento en herramientas de mantenimiento predictivo.

## CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes de la Investigación.

Jorge Luis Valdés Atencio y Erick Armando San Martín Pacheco (2009). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo aplicado a los equipos de la empresa Remaplast*. Según la evaluación realizada a la empresa REMAPLAST , sobre la gestión que estaba siguiendo con respecto al mantenimiento pudimos notar que la empresa presentaba determinados inconvenientes como paradas no planificadas de los equipos de producción, debido a los daños que se generaban en los mismos; adicionando la falta de organización en el manejo de inventario de materiales de repuestos, lo que acrecentaba el tiempo de parada ya que no se contaban con los repuestos necesarios; todo esto llevaba a realizar tareas meramente correctivas, las cuales traían consigo a la falta de eficiencia en el proceso productivo, lo que a su vez se reflejaba en el incremento de los costos, y el incumplimiento de los objetivos organizacionales.

Luis Fernando Guillén Fernández (2007) Procedimiento para el análisis de muestras de aceite usado en la agroindustria, en sus conclusiones no afirma lo siguiente. El uso correcto de las herramientas que se utilizan para extraer una muestra de aceite usado, aseguran la confiabilidad del resultado por lo tanto la certeza de la acción preventiva o correctiva que se tome.

Por medio de un análisis de aceite usado podemos corroborar el estado de un lubricante en uso.

Así mismo podemos determinar si el componente está sufriendo algún tipo de desgaste lo que puede provocar una falla catastrófica posterior.

El objetivo fundamental de un análisis de aceite usado es prevenir un mantenimiento mayor en un componente, ya sea este un motor, compresor, turbina, reductor; determinando el estado del aceite y los posibles desgastes existentes, ayudando a evitar una costosa reparación.

Existen varias pruebas ASTM para determinar el estado del aceite, siendo estas la ASTM 2896 cuando queremos analizar un aceite nuevo y la ASTM 4397 cuando queremos analizar un aceite usado.

Los análisis de aceite usado son ampliamente utilizados en la agroindustria por ser una herramienta que les ayuda a reducir sus costos de inventarios y de mantenimientos a corto plazo.

Francisco Saldivia; *Aplicación de mantenimiento predictivo caso estudio: análisis de aceite usado en un motor de combustión interna* (2013), De los resultados obtenidos se puede establecer que el control

parámetros de seguimiento, características físico-químicas y de la concentración de metales del aceite lubricante en los aceites usados a través del control estadístico de tendencias, permite la detección temprana de niveles de contaminación; determinando el periodo de rellenado o reemplazo del aceite lubricante en el motor Diésel.

En el Perú y específicamente en el distrito de Lurín, existen muchas empresas dedicado al desarrollo y a la producción y comercialización de láminas de polipropileno, poliéster y nylon para empaques flexibles; películas recubiertas para la industria gráfica y productos termoformados de polipropileno. Contribuyendo a la economía de la producción, al aprovechamiento del plástico.

## 2.2 Bases Teóricas.

### 2.2.1. Tipos de Mantenimiento

Actualmente existen variados sistemas para acometer el servicio de mantenimiento de las instalaciones en operación. Algunos de ellos no solamente centran su atención en la tarea de corregir los fallos, sino que también tratan de actuar antes de la aparición de los mismos haciéndolo tanto sobre los bienes, tal como fueron concebidos, como sobre los que se encuentran en etapa de diseño, introduciendo en estos últimos, las modalidades de simplicidad en el diseño, diseño robusto, análisis de su mantenibilidad, diseño sin mantenimiento, etc.

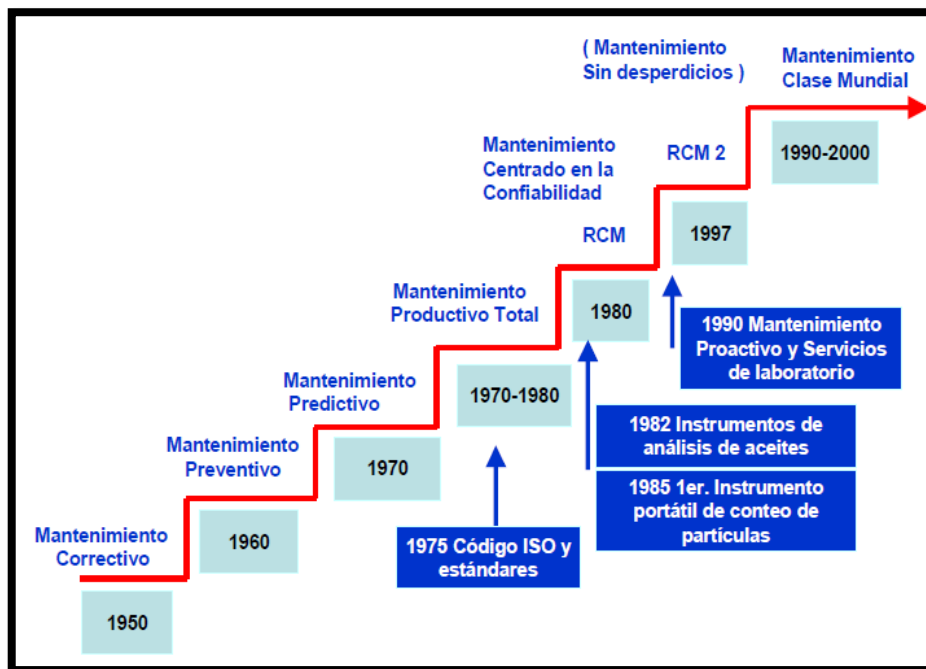


Figura N°1 Evolución del mantenimiento

Los tipos de mantenimiento que se van a estudiar son los siguientes:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento productivo total. (TPM)

a) Mantenimiento Correctivo.

Es el conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados por repuestos que se realiza cuando aparece el fallo. Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir los fallos y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad. También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad. Tiene como inconvenientes, que el fallo puede



sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia.

Asimismo, fallos no detectados a tiempo, ocurridos en partes cuyo cambio hubiera resultado de escaso coste, pueden causar daños importantes en otros elementos o piezas conexos que se encontraban en buen estado de uso y conservación. Otro inconveniente de este sistema, es que se debe disponer de un capital importante invertido en piezas de repuestos.

#### b) Mantenimiento Preventivo.

Es el conjunto de actividades programadas de antemano, tales como inspecciones regulares, pruebas, reparaciones, etc., encaminadas a reducir la frecuencia y el impacto de los fallos de un sistema. Las desventajas que presenta este sistema son:

Cambios innecesarios: al alcanzarse la vida útil de un elemento se procede a su cambio, encontrándose muchas veces que el elemento que se cambia permitiría ser utilizado durante un tiempo más prolongado. En otros casos, ya con el equipo desmontado, se observa la necesidad de "aprovechar" para realizar el reemplazo de piezas menores en buen estado, cuyo coste es escaso frente al correspondiente de desmontaje y montaje, con el fin de prolongar la vida del conjunto. Estamos ante el caso de una anticipación del reemplazo o cambio prematuro.

Problemas iniciales de operación: cuando se desmonta, se montan piezas nuevas, se monta y se efectúan las primeras pruebas de funcionamiento, pueden aparecer diferencias en la estabilidad, seguridad o regularidad de la marcha.

Coste en inventarios: el coste en inventarios sigue siendo alto aunque previsible, lo cual permite una mejor gestión. Mano de obra: se necesitará contar con mano de obra intensiva y especial para períodos cortos, a efectos de liberar el equipo para el servicio lo más rápidamente posible. Mantenimiento no efectuado: si por alguna razón, no se realiza un servicio de mantenimiento previsto, se alteran los períodos de intervención y se produce una degeneración del servicio. Por lo tanto, la planificación para la aplicación de este sistema consiste en:

Definir qué partes o elementos serán objeto de este mantenimiento • Establecer la vida útil de los mismos • Determinar los trabajos a realizar en cada caso.

Agrupar los trabajos según época en que deberán efectuarse las intervenciones.

c) Mantenimiento Predictivo.

Es detectar las fallas por revelación antes que sucedan, sin perjudicar la producción, usando aparatos de diagnóstico con observaciones que indican tendencia o bien es el proceso de determinar el estado de la maquinaria en funcionamiento esto permite la reparación de la maquinaria antes de que se produzca

el fallo. El control y supervisión no sólo ayuda al personal de las fábricas a reducir la posibilidad del fallo catastrófico o grave, sino que también les permite disponer de los recambios con anterioridad, planificar los trabajos y otras reparaciones durante la parada

La información más importante que arroja este tipo de seguimiento de los equipos es la tendencia de los valores, ya que es la que permitirá calcular o prever, con cierto margen de error, cuando un equipo fallará; por ese el motivo se denominan técnicas predictivas. **(García Garrido, Santiago, 2009)**

d) Mantenimiento Productivo Total (total Productive Maintenance).

Este sistema está basado en la concepción japonesa del "Mantenimiento al primer nivel", en la que el propio usuario realiza pequeñas tareas de mantenimiento como: reglaje, inspección, sustitución de pequeñas cosas, etc., facilitando al jefe de mantenimiento la información necesaria para que luego las otras tareas se puedan hacer mejor y con mayor conocimiento de causa.

Mantenimiento: Para mantener siempre las instalaciones en buen estado

Productivo: Está enfocado a aumentar la productividad.

Total: Implica a la totalidad del personal, (no solo al servicio de mantenimiento). **(Belén Munuz Abella, 2008)**

### 2.3. Técnicas de Mantenimiento.

En la actualidad existen diferentes herramientas, técnicas, metodologías y filosofías de mantenimiento, algunas de las más utilizadas son:

- Mejoramiento de la confiabilidad Operacional (MCO)
- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC o RCM)
- Mantenimiento basado en el riesgo (MBR o RBM)
- Análisis Causa Raíz (ACR)
- Análisis de Criticidad

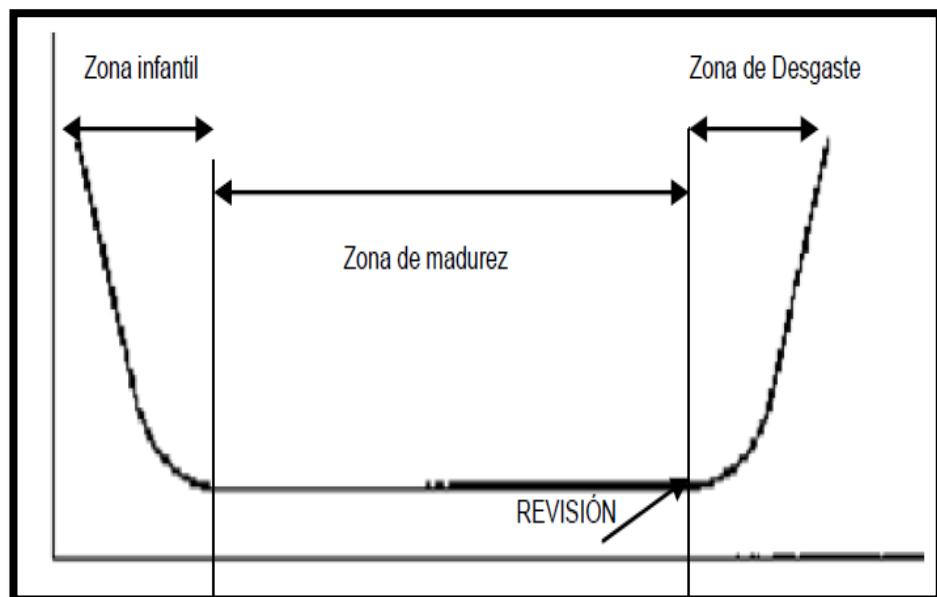


Figura N° 2 curva de bañera (García garrido / mantt. Predictivo)

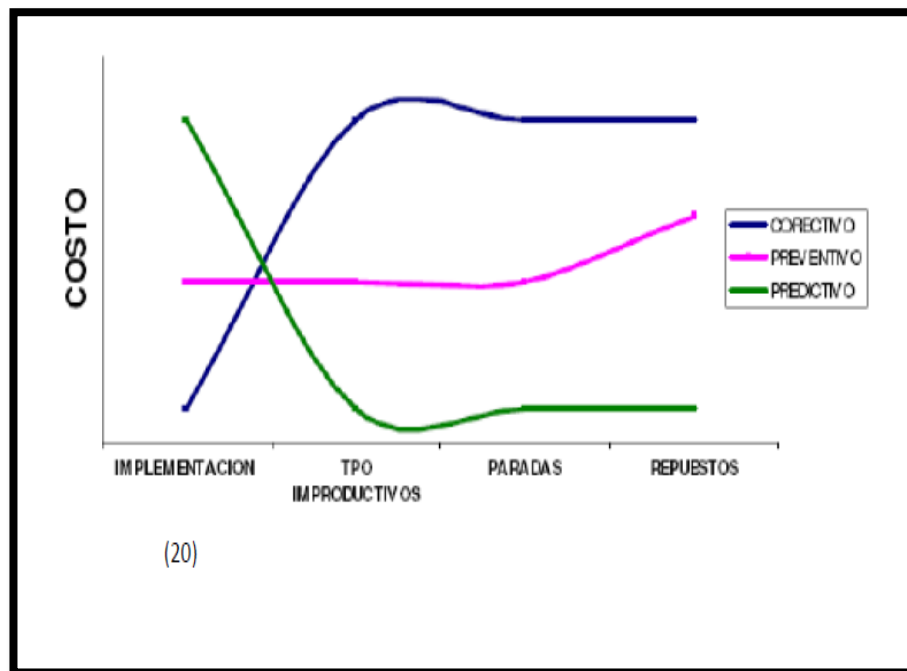


Figura N° 3 Costo de mantenimiento vs tipo de mantenimiento

(20)

### 2.3.1 Análisis de Criticidad

- ✓ Definiciones y términos de la Metodología de Análisis de Criticidad

Para dominar el lenguaje de la Metodología de Análisis de Criticidad (AC) debes conocer los siguientes términos y conceptos.

#### ¿Qué es el análisis de Criticidad?

Es una metodología que permite establecer jerarquías entre:

- Instalaciones
- Sistemas
- Equipo

- **Elementos de un equipo**

De acuerdo con su impacto total del negocio, obtenido del producto de la frecuencia de fallas por la severidad de su ocurrencia, sumándole sus efectos en la población, daños al personal, impacto ambiental, pérdida de producción y daños en la instalación. Además, apoya la toma de decisiones para administrar esfuerzos en la gestión de mantenimiento, ejecución de proyectos de mejora, rediseños con base en el impacto en la confiabilidad actual y en los riesgos.

- ✓ Descripción de la metodología de Análisis de Criticidad.

Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla.

En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla



Figura N° 4 Matriz de criticidad

La matriz tiene un código de colores que permite identificar la menor o mayor intensidad de riesgo relacionado con el Valor de Criticidad de la instalación, sistema o equipo bajo análisis.

**¿Qué elementos se deberían tomar en cuenta para determinar la criticidad?**

La criticidad se determina cuantitativamente, multiplicando la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de una falla por la suma de las consecuencias de la misma, estableciendo rasgos de valores para homologar los criterios de evaluación.

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

## Pasos del análisis de criticidad

Para realizar en Análisis de Criticidad debes seguir los siguientes pasos:

### a) Primer paso-Definir el nivel de análisis:

Se deberán definir los niveles en donde se efectuará el análisis: instalación, sistema, equipo o elemento, de acuerdo con los requerimientos o necesidades de jerarquización de activos:

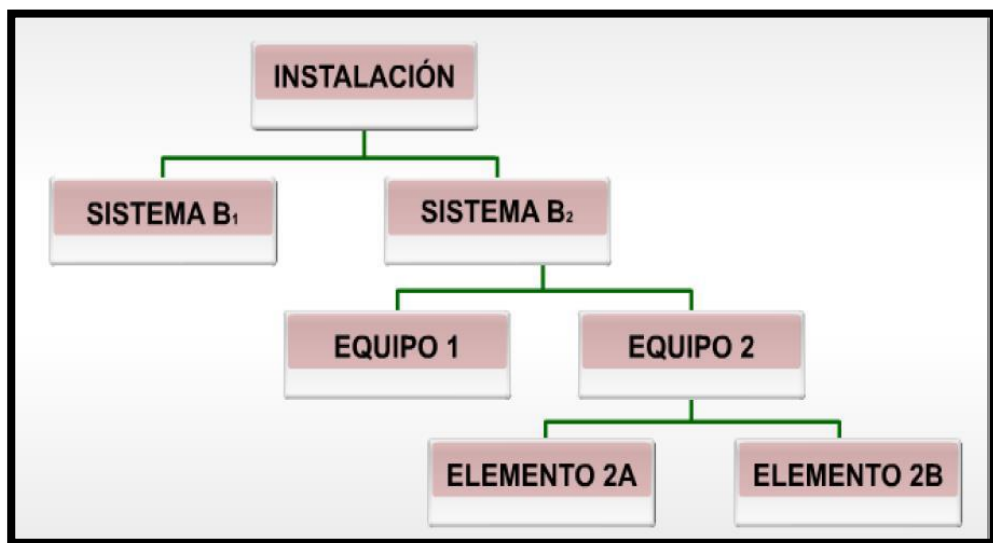


Figura N° 5 Niveles de análisis para evaluar criticidad

### Información necesaria

Se requiere contar con la siguiente información para realizar el análisis.

- Relación de las instalaciones (se refiere al tipo de instalaciones).
- Relación de sistema y equipo por instalación (se requiere a diferentes tipos de sistemas y equipos).
- Ubicación (área geográfica, región) y servicio.
- Filosofía de operación de la instalación y equipo.
- Diagramas de Flujo de Proceso (DFP).



- Registros disponibles de eventos no deseados o fallas funcionales.
- Frecuencia de ocurrencia de los eventos no deseados o las fallas consideradas en el análisis.
- Registros de los impactos en producción (% pérdida de producción debido a la falla del elemento, equipo, sistema o instalación en estudio, producción diferida y costos relacionados).
- Registros de los impactos en la seguridad de los procesos.

b) **Segundo paso-Definir la Criticidad:**

La estimación de la frecuencia de falla y el impacto total o consecuencia de las fallas se realiza utilizando criterios y rangos preestablecidos:

Estimación de la frecuencia de la falla funcional: Para cada equipo puede existir más de un modo de falla, el más representativo será el de mayor impacto en el proceso o sistema. La frecuencia de ocurrencia del evento se determina por el número de eventos por año.

La siguiente tabla muestra los criterios para estimar la frecuencia.

Se utiliza el Tiempo Promedio entre Fallas (TPEF) o la frecuencia de falla en número de eventos por año, en caso de no contar con esta información utilizar base de datos genéricos (PARLOC, OREDA, etc.) y si esta no está disponible basarse en la opinión de expertos.

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en años	Número de fallas por año	Interpretación
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurran varias fallas en un año.
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 10 años, pero es poco probable que ocurra en 1 año.
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurran varias fallas en 100 años, pero es poco probable que ocurra en 10 años.
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 años, pero es poco probable que ocurra en 100 años.
1	$TPEF \geq 1000$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurran en 1000 años.

Figura N° 06 Criterios para estimar la frecuencia

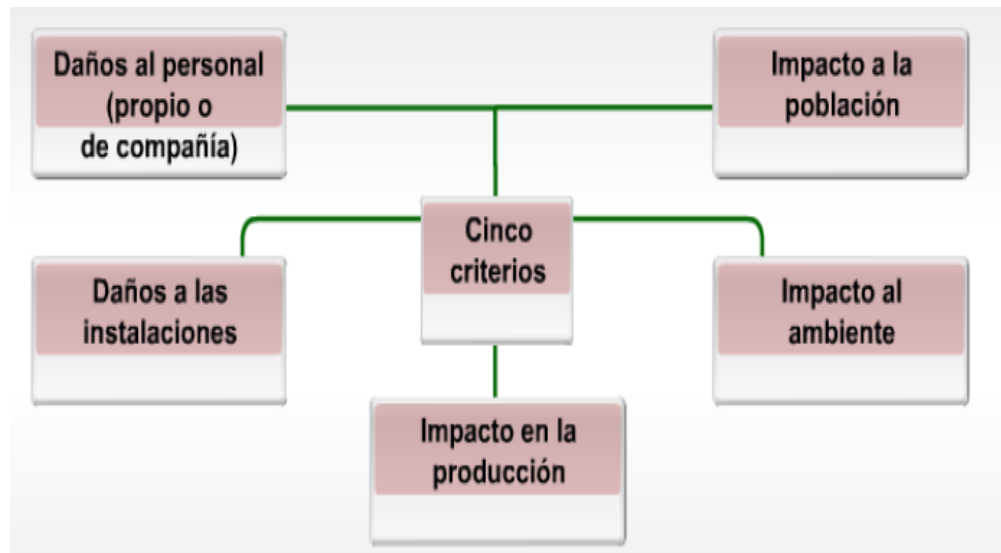


Figura N° 07 Criterios y rasgos para estimar las consecuencias de las fallas

Los daños al personal, impacto a la población y al ambiente serán categorizados considerando los criterios que se indican en la tabla Categoría de los Impactos.

Los Impactos en la Producción (IP) cuantifican las consecuencias que los eventos no deseados generan sobre el negocio. Este criterio se evaluará considerando los siguientes factores: Tiempo Promedio para Reparar (TPPR), Producción Diferida,

Costos de Producción (aceite y gas).

$IP = (\text{Producción Diferida} \times \text{TPPR} \times \text{Costo Unitario del Producto})$

El valor resultante permitirá categorizar el IP de acuerdo con los criterios de la tabla Categoría de los Impactos.

Los impactos asociados a Daños de las instalaciones (DI) se evaluarán considerando los siguientes factores:

- Equipos afectados
- Costos de Reparación
- Costos de Reposición de Equipos

$DI = (\text{Costos de Reparación} + \text{Costos de Reposición de Equipos})$

El valor resultante permitirá categorizar el DI de acuerdo con los criterios de la tabla Categoría de los Impactos.

**c) Tercer Paso-Cálculo del nivel de criticidad:**

Para determinar el nivel de criticidad de una instalación, sistema, equipo o elemento se debe emplear la fórmula:

$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{consecuencia}$

Para las variables se utilizan los valores preestablecidos como “categorías” de las tablas Categoría de las Frecuencias de Ocurrencia y Categoría de los impactos, respectivamente.

Una vez obtenido el valor de la criticidad, se busca en la Matriz de Criticidad diseñada para PEP, para determinar el nivel de criticidad de acuerdo con los valores y la jerarquización establecidos.

Matriz de Criticidad-PEP

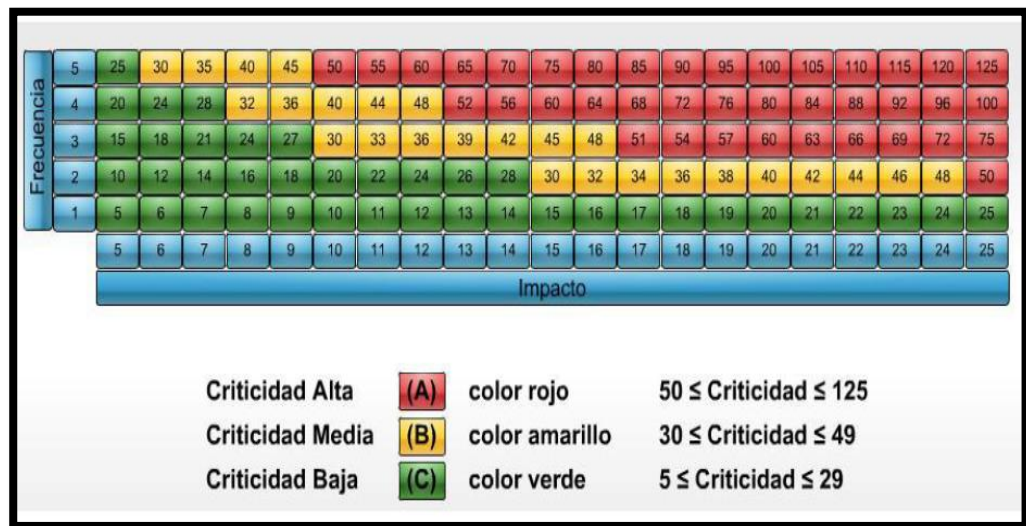


Figura N° 08 Matriz de Criticidad-PEP

**d) Cuarto paso-Análisis y Validación de los resultados:**

Los resultados obtenidos deberán ser analizados a fin de definir acciones para minimizar los impactos asociados a los modos de falla identificados que causan la falla funcional.

Este análisis final permitirá validar los resultados obtenidos, a fin de detectar cualquier posible desviación que amerite la reevaluación de la criticidad.

**e) Quinto paso-Definir el nivel de análisis**

El resultado obtenido de la frecuencia de ocurrencia por el impacto permite “jerarquizar” los problemas, componentes, equipos, sistemas o

procesos, basado en la criticidad. El cuál es el objetivo de la aplicación de la metodología.

La valoración del nivel de criticidad y la identificación de los activos más críticos permitirá orientar los recursos y esfuerzos a las áreas que más lo ameriten, así como gerencia las acciones de mitigación del riesgo en elementos subsistemas, considerando su impacto en el proceso.

f) **Sexto paso-Determinar la criticidad.**

Permite completar la metodología, sin formar parte de la misma.

Cuando en la evaluación de un activo obtenemos frecuencias de ocurrencias altas, las acciones recomendadas para llevar la criticidad de un valor más tolerable deben orientarse a reducir la frecuencia de ocurrencia del evento. Si el valor de criticidad se debe a valores altos en alguna de las categorías de consecuencias, las acciones deben orientarse a mitigar los impactos que el evento (modo de falla o falla funcional) puede generar.

Dentro de las acciones o actividades que se recomiendan, se pueden incluir la aplicación de otras metodologías de Confiabilidad, con el objeto de: identificar las causas raíz de los eventos de deseados y recomendar acciones que las eliminen mediante el Análisis Causa Raíz (ACR).

- Mitigar los efectos y consecuencias de los modos de falla y frecuencia de las fallas por medio de las aplicaciones de

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) e Inspección Basada en Riesgo (IBR).

- Complementar y/o validar los resultados mediante análisis RAM.

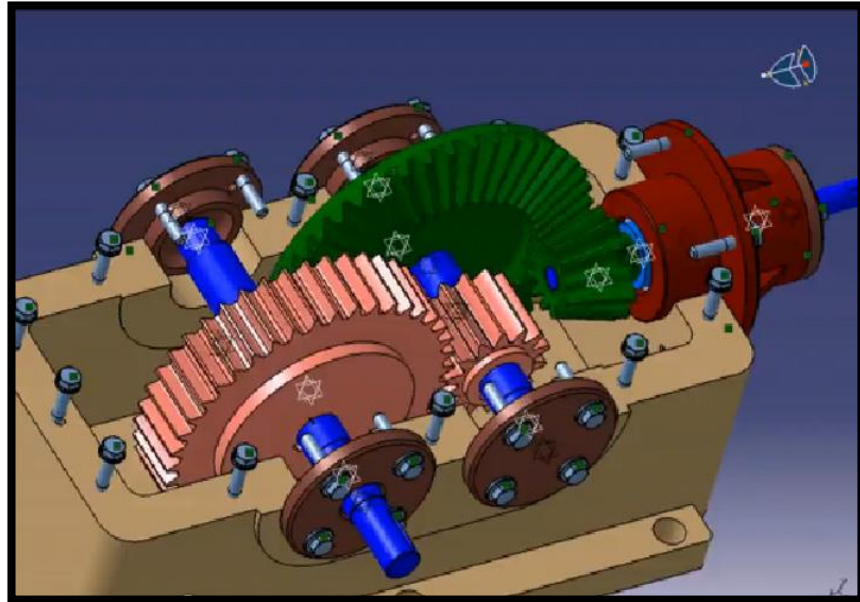
**g) Séptimo paso-Sistema de Seguimiento de control.**

Después de la selección de las acciones de mejora en las frecuencias de ocurrencia de los eventos y mitigación de impactos se debe crear y establecer un sistema de Seguimiento y Control, para garantizar el monitoreo de la ejecución de las acciones seleccionadas y el cumplimiento de las recomendaciones consecuentes de AC.

Los objetivos de Seguimiento y Control son:

- Asegurar la continuidad en el tiempo de la aplicación de los planes de acción resultantes de la aplicación de la Metodología Análisis de Criticidad.
- Promover la cultura del dato en todos los niveles de la empresa.
- Monitorear los cambios o mejoras que pueden derivarse de la aplicación de las acciones generadas como resultados de los análisis para determinar si requiere un nuevo análisis.

## 2.4 Caja reductora de Engranajes.



*Figura N° 09 Caja reductora de engranajes*

### 2.4.1 Antecedentes y reseña histórica.

Todas las máquinas requieren de una fuerza motriz. En la antigüedad ésta venía de animales, seres humanos o los elementos, como el viento o corrientes de agua. Hoy en día uno de los problemas principales de la Ingeniería Mecánica es la transmisión de movimiento, entre un conjunto motor y máquinas conducidas. Desde épocas muy remotas se han utilizado cuerdas y elementos fabricados de madera para solucionar los problemas de transporte, impulsión, elevación y movimiento. Algunos de esos elementos, ya eran fabricados de aleaciones de algún metal, con el fin de mejorar sus prestaciones.



*Figura N° 10 molde chino para fabricar engranajes*

El mecanismo de engranajes más antiguo de cuyos restos disponemos es el mecanismo de Antikythera. Se trata de una calculadora astronómica datada entre el 150 y el 100 a. C. y compuesta por al menos 30 engranajes de bronce con dientes triangulares. Presenta características tecnológicas avanzadas como por ejemplo trenes de engranajes epicicloidales que, hasta el descubrimiento de este mecanismo, se creían inventados en el siglo XIX. Por citas de Cicerón, se sabe que el de Anticitera no fue un ejemplo aislado sino que existieron al menos otros dos mecanismos similares en esa época, construidos por Arquímedes y por Posidonio. Por otro lado, a Arquímedes se le suele considerar uno de los inventores de los engranajes porque diseñó un tornillo sin fin.



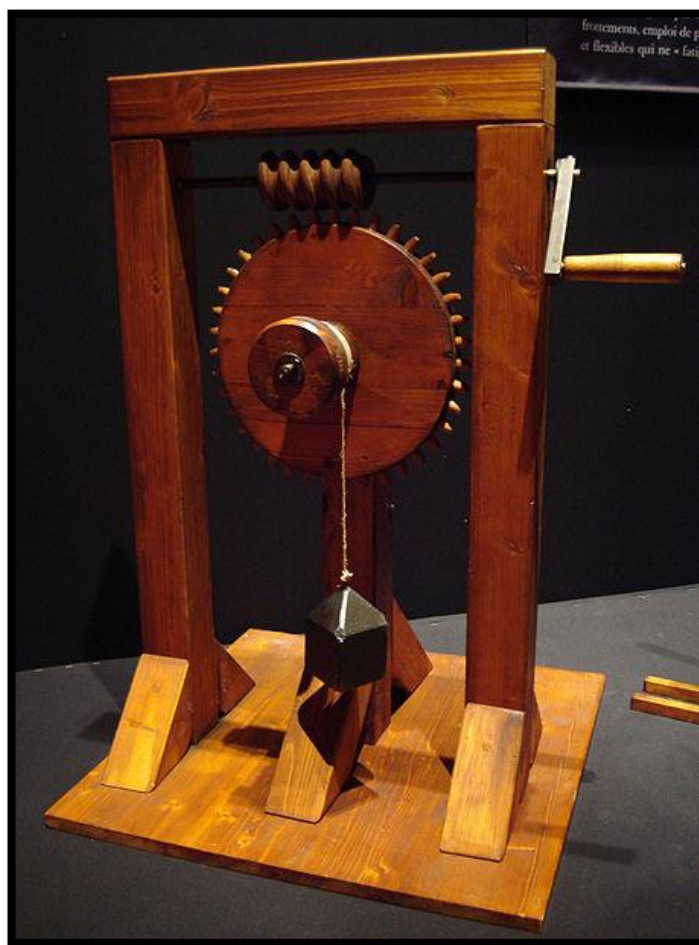


*Figura N° 11 Mecanismo de Antikythera*

En China también se han conservado ejemplos muy antiguos de máquinas con engranajes. Un ejemplo es el llamado "carro que apunta hacia el Sur" (120- 250 d. C.), un ingenioso mecanismo que mantenía el brazo de una figura humana apuntando siempre hacia el Sur gracias al uso de engranajes diferenciales epicycloidales. Algo anterior, en torno a 50 d. C., son los engranajes helicoidales tallados en madera y hallados en una tumba real en la ciudad china de Shensi. No está claro cómo se transmitió la tecnología de los engranajes en los siglos siguientes. Es posible que el conocimiento de la época del mecanismo de Anticitera sobreviviese y contribuyese al florecimiento de la ciencia y la tecnología en el mundo islámico de los siglos IX al XIII.

Por ejemplo, un manuscrito andalusí del siglo XI menciona por vez primera el uso en relojes mecánicos tanto de engranajes

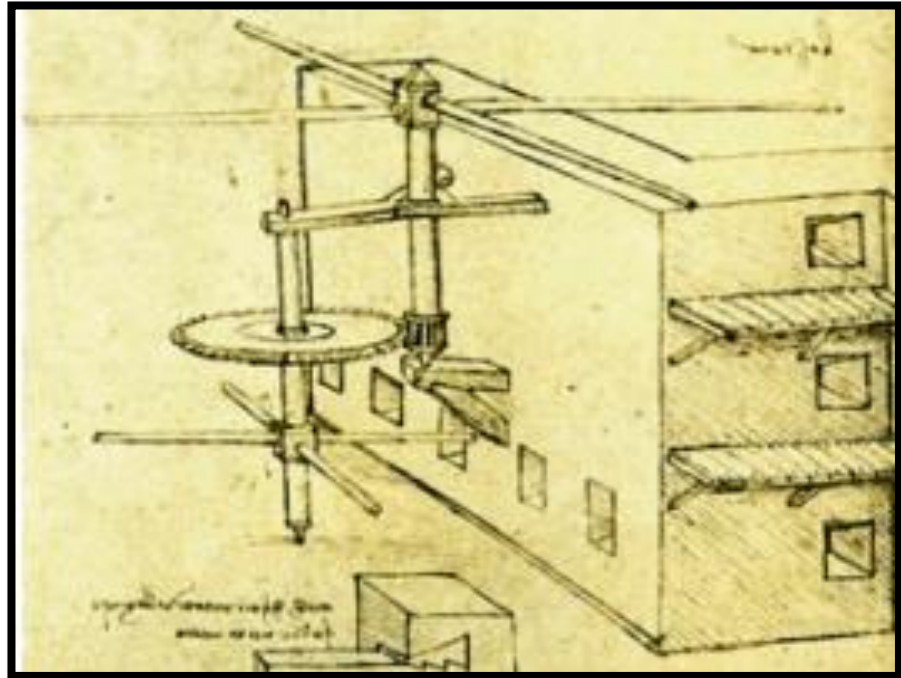
epicíclicos como de engranajes segmentados. Los trabajos islámicos sobre astronomía y mecánica pueden haber sido la base que permitió que volvieran a fabricarse calculadoras astronómicas en la Edad Moderna. En los inicios del Renacimiento esta tecnología se utilizó en Europa para el desarrollo de sofisticados relojes, en la mayoría de los casos destinados a edificios públicos como catedrales.



*Figura N° 12 Engranaje helicoidal de Leonardo*

El inventor de los engranajes en todas sus formas fue Leonardo da Vinci, quien a su muerte en la Francia de 1519,

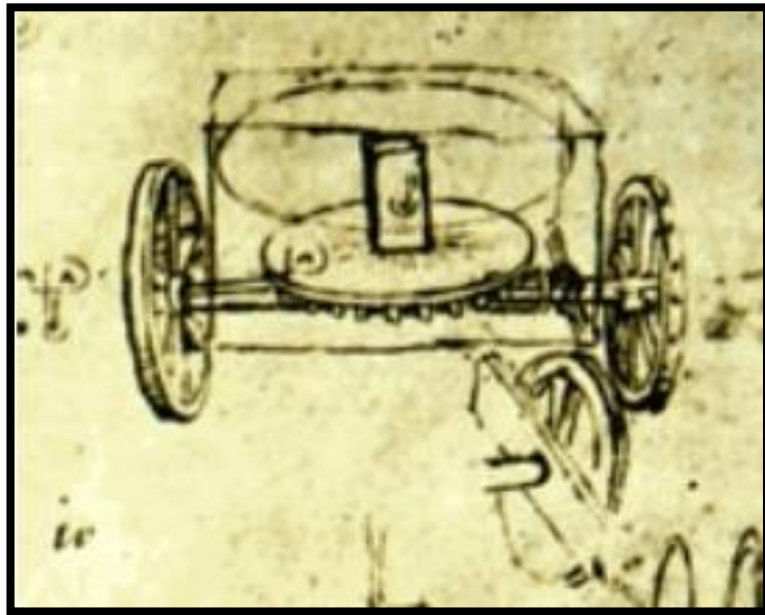
dejó para nosotros sus valiosos dibujos y esquemas de muchos de los mecanismos que hoy utilizamos diariamente.



*Figura N° 13 Transmisión de Da Vinci*

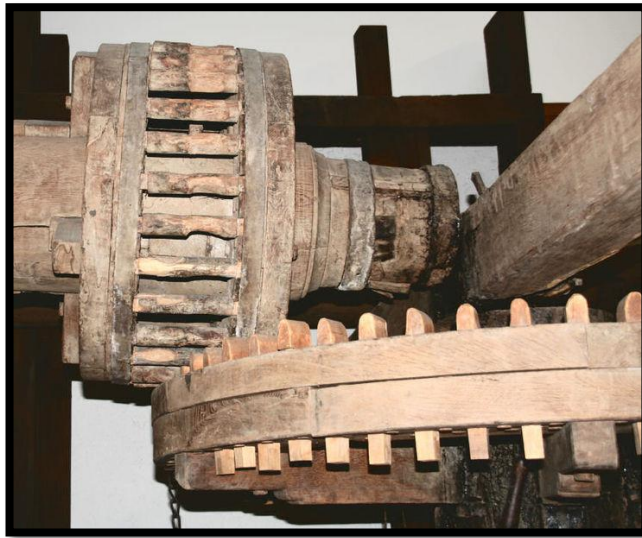
La forma más básica de un engrane es una pareja de ruedas, una de ellas provistas de barras cilíndricas y la otra formada por dos ruedas unidas por barras cilíndricas. En la figura 1.4 se aprecia un mecanismo para repeler ataques enemigos, consiste de aspas al nivel del techo movidas por un eje vertical, unido a un "engranaje", el movimiento lo producen soldados que giran una rueda a nivel del piso y provocando que los enemigos que han alcanzado el techo sean expulsados. En este mecanismo se muestra la transmisión entre dos ejes paralelos, uno de ellos es el eje motor y el otro el eje conducido. Leonardo se dedicó mucho a la creación de máquinas de guerra para la defensa y el ataque, sus materiales fueron madera,

hierro y cuerdas, que se elaboraban en forma rudimentaria, pero sus esquemas e invenciones trascienden el tiempo y nos enseñan las múltiples alternativas que nos brindan mecanismos básicos de palancas, engranes y poleas unidas entre sí en una máquina cuyo diseño geométrico es notable.



*Figura N°14 Transmisión trasera de un carro*

La primera aplicación práctica del diente en evolvente fue debida al suizo Leonhard Euler (1707). En 1856, Christian Schiele descubrió el sistema de fresado de engranajes rectos por medio de la fresa madre, pero el procedimiento no se llevaría a la práctica hasta 1887, a base de la patente Grant.



*Figura N° 15 Transmisión antigua*

En 1874, el norteamericano William Gleason inventó la primera fresadora de engranajes cónicos y gracias a la acción de sus hijos, especialmente su hija Kate Gleason (1865-1933), convirtió a su empresa Gleason Works, radicada en Rochester (Nueva York, EEUU) en una de los fabricantes de máquinas herramientas más importantes del mundo.

En 1897, el inventor alemán Robert Hermann Pfauter (1885-1914), inventó y patentó una máquina universal de dentar engranajes rectos y helicoidales por fresa madre. A raíz de este invento y otros muchos inventos y aplicaciones que realizó sobre el mecanizado de engranajes, fundó la empresa Pfauter Company que, con el paso del tiempo, se ha convertido en un multinacional fabricante de todo tipo de máquinas-herramientas.

En 1906, el ingeniero y empresario alemán Friedrich Wilhelm Lorenz (1842-1924) se especializó en crear maquinaria y equipos de mecanizado de engranajes y en 1906 fabricó una talladora de engranajes capaz de mecanizar los dientes de una rueda de 6 m de diámetro, módulo 100 y una longitud del dentado de 1,5 m.



Figura N° 16 Grúa accionada con engranajes  
(<https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Gruapuertodesevilla.JPG>)

A finales del siglo XIX, coincidiendo con la época dorada del desarrollo de los engranajes, el inventor y fundador de la empresa Fellows Gear Shaper Company, Edwin R. Fellows (1846-1945), inventó un método revolucionario para mecanizar tornillos sin fin glóbcicos tales como los que se montaban en las cajas de dirección de los vehículos antes de que fuesen hidráulicas. En 1905, M. Chambon, de Lyon (Francia), fue el creador de la máquina para el dentado de engranajes cónicos por procedimiento de fresa madre. Aproximadamente por esas fechas André Citroën inventó los engranajes helicoidales dobles.

## 2.5 Lubricantes

Tabla N° 1

*Propiedades físicas de aceite básico (Octavio Catalán Rivera, 2003)*

<b>Propiedades físicas del aceite básico</b>			
<b>Propiedad</b>	<b>Por qué es tan importante</b>	<b>Como se determina</b>	<b>Número ASTM</b>
Viscosidad	Define el grado viscosidad del aceite básico	Viscosímetro de flujo capilar por gravedad	D-445
Índice de viscosidad	Define la relación entre la temperatura y la viscosidad	Variación de la viscosidad entre 40 °C y 100 °C indexada	D-2270
Densidad	Define la densidad de un aceite con respecto al agua	Hidrómetria	D-1298
Punto de inflamación	Define la propiedad de inflamación y volatilidad a alta temperatura	Temperatura a la que se inflama la superficie	D-92/D-93
Punto de congelamiento	Define el comportamiento de un aceite a bajas temperaturas	Flujo por gravedad en un recipiente de prueba, temperatura a la que se alcanza una viscosidad de 22000 cSt	D-97/IP15

Se llama lubricante a toda sustancia sólida, semisólida o líquida, de origen animal, mineral o sintético que, puesto entre dos piezas con movimiento entre ellas, reduce el rozamiento y facilita el movimiento. Los aceites lubricantes tienen entre sus funciones: no permitir la formación de gomas, no permitir la formación de lodos, mantener limpias las piezas del motor, formar una película continua y resistente y permitir la evacuación de calor. Además, los lubricantes, según sus características, pueden cumplir otras misiones: Sellar el espacio entre piezas: Dado que las superficies metálicas son irregulares a nivel microscópico, el lubricante llena los huecos. En los motores de explosión este sellado evita fugas de combustible y gases de escape y permite un mejor aprovechamiento de la energía. Mantener limpio el circuito de

lubricación: en el caso de los lubricantes líquidos estos arrastran y diluyen la suciedad, depositándola en el filtro. Contribuir a la refrigeración de las piezas: En muchos sistemas, de hecho, el lubricante es además el agente refrigerante del circuito. Transferir potencia de unos elementos del sistema a otros: Tal es el caso de los aceites hidráulicos. Neutralizar los ácidos que se producen en la combustión. Proteger de la corrosión: El lubricante crea una película sobre las piezas metálicas, lo que las aísla del aire y el agua, reduciendo la posibilidad de corrosión.

### 2.5.1 Obtención



*Figura N° 17 Obtención del lubricante*

En los automóviles por lo general se emplean aceites lubricantes que se obtienen partiendo del petróleo. Ahora bien, si se realizara la destilación del mismo modo que en el caso de los carburantes, se produciría en la zona de vaporización de los lubricantes a consecuencia de las muy altas temperaturas que en ella



imperan, en gran parte una desintegración de las grandes moléculas de hidrocarburos, cosa que se traducirá en la obtención de materiales poco aptos para fines de lubricación. Por este motivo los hidrocarburos de los aceites lubricantes se obtienen por destilación al vacío, es decir, bajo una gran depresión. Con esto, baja fuertemente la zona de vaporización para destilación de aceites lubricantes, quedando limitada a unos 350 C.

El producto destilado así obtenido se purifica, además, de componentes no deseables mediante refino con disolventes, ácidos y tierras decolorantes. Después del refino los aceites de base ya limpios se enriquecen todavía, mediante adición de productos específicos (aditivos), en propiedades especiales tales como protección contra envejecimiento, protección anticorrosiva, supresión de la formación de espuma, etc.

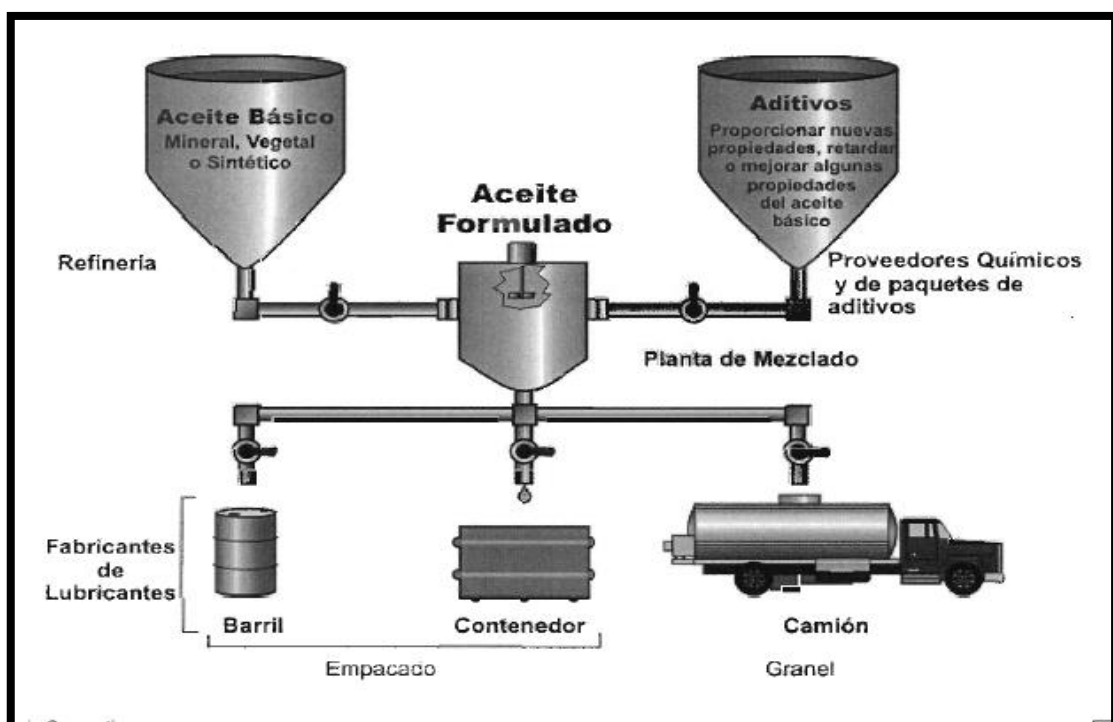


Figura N°18 Como se obtiene los lubricantes (Octavio catalán rivera, 1978)

### 2.5.2. Propiedad de los Lubricantes.

Los lubricantes están definidos por una serie de características, algunas de las cuales se utilizan para clasificar los aceites o grasas. Dada la naturaleza de los distintos tipos de lubricantes no todas las características son aplicables a todos ellos y de cuyas propiedades se puede indicar las siguientes:

#### a) Color y Fluorescencia

El color de la luz que atraviesa los aceites lubricantes varia de negro (opaco) a transparente (claro). Las variaciones en el color de los aceites lubricantes resulta de: diferencias en los petróleos crudos, viscosidad, el método y grado de tratamiento durante la refinación, y la cantidad y naturaleza de los aditivos usados. El color tiene poco significado al momento de determinar el desempeño de un aceite.

Actualmente el color del aceite dice muy poco acerca de sus características, ya que es fácilmente modificable con aditivos. No obstante, hasta hace pocos años, se le daba gran importancia como indicativo del grado de refino, y la fluorescencia era indicativo del origen del crudo (aceites minerales).

#### b) Viscosidad

La viscosidad es una de las propiedades más importantes de un lubricante. De hecho, buena parte de los sistemas de clasificación de los aceites están basados en esta propiedad.

La viscosidad se define como la resistencia de un líquido a fluir. Esta resistencia es provocada por las fuerzas de atracción entre las moléculas del líquido. El esfuerzo necesario para hacer fluir el líquido (esfuerzo de desplazamiento) estará en función de esta resistencia. Los fluidos con alta viscosidad ofrecen cierta resistencia a fluir, mientras que los poco viscosos lo hacen con facilidad.

Probablemente la propiedad más importante de un aceite lubricante es la viscosidad. La viscosidad es un factor fundamental para: la formación de películas lubricantes, afecta la generación de calor y el enfriamiento de cilindros, engranes y cojinetes. La viscosidad rige el efecto sellante del aceite, la tasa de consumo del aceite y determina la facilidad con la cual la maquinaria se enciende en condiciones de frío. Al momento de seleccionar el aceite apropiado para una aplicación dada la viscosidad es la consideración primaria, esta debe ser lo suficientemente alta para proveer películas lubricantes y no tanto como para que las pérdidas debidas a la fricción sean excesivas. Como la viscosidad es un factor de la temperatura es necesario considerar las temperaturas de operación del aceite en la maquinaria.

#### c) Viscosidad Cinemática

La viscosidad cinemática se define como la resistencia a fluir de un fluido bajo la acción de la gravedad.

En el interior de un fluido, dentro de un recipiente, la presión hidrostática (la presión debida al peso del fluido) está en función de la densidad.

Por otra parte, el tiempo que tarda en fluir un volumen dado de fluido es proporcional a su viscosidad dinámica.

La viscosidad cinemática se expresa como:

$$\text{Viscosidad cinemática} = \nu/d$$

Donde  $\nu$  es el coeficiente de viscosidad dinámica y  $d$  la densidad, todo ello medido a la misma temperatura.

#### d) Viscosidad Dinámica

Se define, como la resistencia de un líquido a fluir.

Matemáticamente se expresa como la relación entre el esfuerzo aplicado para mover una capa de aceite (tensión de corte) y el grado de desplazamiento conseguido.

El concepto de viscosidad puede entenderse con ayuda de la figura:

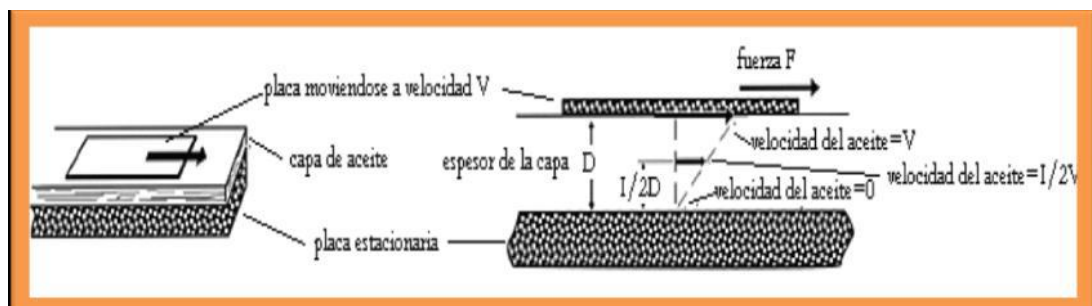


Figura N° 19 Viscosidad dinámica

La figura representa dos placas, una fija y otra móvil, separadas una distancia  $D$ . La placa móvil se mueve con velocidad constante  $V$ . El aceite adherido a la placa se mueve a la misma velocidad que ella. Entre ambas placas vemos que las capas de aceite situadas entre las dos placas se mueven a velocidad inversamente proporcional a su separación de la placa móvil. Para vencer la fricción entre placas será necesario aplicar una fuerza  $F$ . Dado que la fricción entre capas está relacionada con la viscosidad, Newton demostró que la fuerza  $F$  es una medida de la fricción interna del fluido, siendo proporcional a la superficie de la placa móvil  $S$  y al gradiente de velocidad  $V/D$ .

e) Untuosidad

La untuosidad es la propiedad que representa mayor o menor adherencia de los aceites a las superficies metálicas a lubricar y se manifiesta cuando el espesor de la película de aceite se reduce al mínimo, sin llegar a la lubricación límite.

f) Punto de Inflamación

Se llama punto de inflamación a la temperatura mínima en la cual un aceite empieza a emitir vapores inflamables.

Está relacionada con la volatilidad del aceite. Cuanto más bajo sea este punto, más volátil será el aceite y tendrá más tendencia a la inflamación.

Un punto de inflamación alto es signo de calidad en el aceite. En los aceites industriales el punto de inflamación suele estar entre 80 y 232 °C, y en los de automoción entre 260 y 354°C.

El punto de inflamación también orienta sobre la presencia de contaminantes, especialmente gases (los cuales pueden reducir la temperatura de inflamación hasta 50°C en algunos aceites), riesgo de riesgo de incendios a causa de los vapores y procesos no adecuados en la elaboración del aceite.

g) Punto de combustión

Se llama así a la temperatura a la cual los vapores emitidos por un aceite se inflaman, y permanecen ardiendo al menos 5 segundos al acercársele una llama. El punto de combustión suele estar entre 30 y 60 °C por encima del punto de inflamación

h) Punto de congelación

El punto de congelación (también llamado punto de fluidez) es la menor temperatura a que se observa fluidez en el aceite al ser enfriado. Se expresa en múltiplos de 3°C o 5°F.

En los aceites nafténicos este punto se alcanza por la disminución de la densidad causa por el descenso de la temperatura; en los parafínicos se debe principalmente a la cristalización de sustancias parafínicas.

El punto de congelación se alcanza siempre a temperatura inferior a la del punto de enturbiamiento. Al igual que este, es una característica importante en aquellos aceites que operan a muy bajas temperaturas ambientales.

#### i) Acidez

En química se llama ácido a cualquier sustancia (orgánica o inorgánica) que contiene hidrógeno junto con un no-metal o un radical no metálico y que produce iones hidrogenión al diluirse en agua.

El carácter ácido de un lubricante viene determinado por la presencia de sustancias ácidas en el aceite.

Existen al menos dos tipos de acidez en el aceite:

- Acidez mineral, originada por ácidos residuales del refino.
- Acidez orgánica, originada por productos de la oxidación y los aditivos.

Durante su uso, el aceite es sometido a temperaturas elevadas y a esfuerzos mecánicos. Esto tiene como resultado la degradación progresiva del aceite, produciéndose cambios en la composición del aceite. Se originan sustancias como resultado de la oxidación y se reduce la capacidad protectora de los aditivos. Este proceso se acelera al acercarse el final de la vida operativa del aceite, lo que puede dar lugar a la formación de lodos, barnices y depósitos carbonosos en el sistema, disminución de la viscosidad del aceite y hasta corrosión en

piezas metálicas. Por ello, la variación de la acidez del aceite es un buen indicador de su nivel de degradación.

El grado de acidez tolerable depende del tipo de aceite y de sus condiciones de utilización, si bien no deben sobrepasarse los límites establecidos para el aceite para evitar daños en los equipos o problemas de funcionamiento. Un incremento brusco en la acidez es un indicativo de problemas tales como contaminación, pérdidas en sellos, incremento de la fatiga térmica o mecánica o pérdida de la capacidad de los aditivos

#### j) Demulsibilidad

Se llama así a la capacidad de un líquido no soluble en agua para separarse de la misma cuando está formando una emulsión.

La oxidación del aceite y la presencia de contaminantes afectan negativamente a la demulsibilidad del aceite.

La adecuada eliminación del agua facilita en muchos casos la lubricación, reduciendo el desgaste de piezas y la posibilidad de corrosión.

Esta propiedad es muy importante en los aceites hidráulicos, para lubricación de maquinaria industrial, de turbina y para engranajes que transmiten grandes esfuerzos. En los aceites de automoción no lo es tanto, debido a la capacidad dispersante y detergente de los mismos.



### 2.5.3 Tipos de Lubricantes

#### 2.5.4 Según Normas API

Para establecer un sistema de clasificación según la calidad, la API (American Petroleum Institute), organización técnica y comercial ha diseñado una nomenclatura según el tipo de motor al que se le va a aplicar el lubricante.

A través de su asociación con la SAE (Society of Automotive Engineers) Sociedad de Ingenieros Automotrices y ASTM (American Society for Testing of Materials) Sociedad Americana para Ensayos de Materiales, han desarrollado numerosos ensayos que se correlaciona con el uso real y diario (motores/vehículos). Cada motor tiene, de acuerdo con su diseño y condiciones de operación, necesidades específicas que el lubricante debe satisfacer. Se puede entonces clasificar a los aceites según su capacidad para desempeñarse frente a determinadas exigencias, API ha desarrollado un sistema para seleccionar y recomendar aceites para motor basado en las condiciones de servicio.

Cada clase de servicio es designada por dos letras. Como primera letra se emplea la —SII para identificar a los aceites recomendados para motores nafteros, para autos de pasajeros y camiones livianos —ServiceII y la letra —CII para vehículos comerciales, agrícolas, de la construcción y todo terreno que operan con combustible diesel —ComercialIII.

En ambos casos la segunda letra indica la exigencia en servicio, comenzando por la —All para el menos exigido, y continuando en orden alfabético a medida que aumenta la exigencia. (Ensayos de performance han sido diseñados para simular áreas y condiciones críticas de lubricación en el motor).

La clasificación API es una clasificación abierta. Esto significa que se van definiendo nuevos niveles de desempeño a medida que se requieren mejores lubricantes para los nuevos diseños de motores. En general, cuando se define un nuevo nivel el API designa como obsoletos algunos de los anteriores.

Tabla N°2  
Tipo de lubricante para transmisiones

CLASIFICACIÓN API DE LOS LUBRICANTES PARA TRANSMISIONES		
Identificación	Descripción	Aplicación
GL-1	Aceites Minerales Puros	Transmisiones Manuales de tractores y vehículos industriales
GL2	Aceites que contienen materiales grasos	Transmisiones Industriales para tornillos sin fin
GL-3	Aceites con aditivación antidesgaste	Transmisiones Manuales Engranajes Cónicos poco sometidos a esfuerzo
GL4	Aceites con media aditivación EP (Extrema Presión). Equivalente a la Norma MIL-L-21105	Transmisiones Manuales. Engranajes hipoides medianamente sometidos a esfuerzos.
GL-5	Aceites con alta aditivación EP (Extrema Presión). Equivalente a la Norma MIL-L-2105 D	Engranajes hipoides muy sometidos a esfuerzos. Puede ser usado para Transmisiones Manuales.

### 2.5.5. Según normas SAE

La clasificación de los aceites según su viscosidad fue desarrollada por la SAE (Society of Automotive Engineers) y se conoce mundialmente como la norma SAE J300. Esta clasificación define dos grupos de viscosidades: 6 grados de viscosidad a bajas temperatura o grados de invierno que están seguidos por la letra W (Winter por invierno en inglés) y 5 grados de viscosidad de alta temperatura o grados de verano, que se identifican con un número solo, y representando cada número SAE un rango de viscosidad expresada en cSt (centi-Stokes) y medida a 100°C.

En esta clasificación no interviene ninguna consideración de calidad, composición química o aditivación, sino que se basa exclusivamente en la viscosidad.

La norma SAE J 300 definió lo que se denomina "Grado de viscosidad" para cada lubricante Ej.: S.A.E. 40 (grado de viscosidad para el verano).

Cuanto más elevado es el número, mejor es el mantenimiento de la viscosidad a altas temperaturas. En el caso de uso urbano o deportivo, o cuando la temperatura del aire es elevada, el motor soporta altas temperaturas que acentuarán dicho fenómeno. También es importante para la protección del motor la utilización de un aceite que se mantenga lo suficientemente viscoso.

Cuanto menor es el número mayor es la fluidez del aceite a baja temperatura o en el momento del arranque. Los aceites

monogrados son utilizados cuando la temperatura de funcionamiento varia poco (o en aplicaciones específicas).

Los aceites multigrados responden a la vez a una graduación de invierno y una de verano. Ej.: S.A.E. 10W 40 10W= Graduación de invierno 40= Graduación de verano. El aceite multigrado es menos sensible a la temperatura. Esto significa que en invierno permite un arranque fácil gracias a su fluidez.

*Tabla N°3  
Tipo de lubricante según norma SAE*

<b>Grado SAE</b>	<b>Viscosidad Cinemática cSt @ 100°C</b>
0W	3,8
5W	3,8
10W	4,1
15W	5,6
20W	5,6
25W	9,3
20	5,6 a 9,3
30	9,3 a 12,5
40	12,5 a 16,3
50	16,3 a 21,9
60	21,9 a 26,1

#### 2.5.6. Según Normas ISO

Los aceites industriales se clasifican según las Normas Internacionales para la Estandarización (ISO), vigentes desde 1975, pero puestas en práctica a partir de 1979. Antes de implementarlas, los fabricantes de aceites especificaban sus productos con un nombre y un número, el cual no daba ninguna

información acerca de su viscosidad. Por lo tanto, era frecuente encontrar aceites especificados de la siguiente manera. Tellus 41, teresso 72, Macoma 45, Turbina 81, DTE Light, etc.

El sistema ISO clasifica los aceites industriales en Centistokes a 40°C. Este sistema permite una mayor facilidad en cuanto al manejo de los lubricantes porque evita la posibilidad de una mala utilización de los aceites por parte del usuario

*Tabla N° 4  
Clasificación viscosidad en el sistema ISO*

GRADO ISO	Viscosidad Cinemática C Media cSt@40°	Límites de Viscosidad cSt @ 40°C	
		Máxima	mínima
VG2	2.2	1.98	2.42
VG3	3.2	2.88	3.52
VG5	4.6	4.14	5.03
VG7	6.8	6.12	7.48
VG10	10.0	9.00	11.00
VG15	15.0	13.50	16.50
VG22	22.0	19.80	24.20
VG32	32.0	28.80	35.20
VG46	46.0	41.40	50.60
VG68	68.0	61.20	74.80
VG100	100.0	90.00	110.00
VG150	150.0	135.00	165.00
VG220	220.0	198.00	242.00
VG320	320.0	288.00	352.00
VG460	460.0	414.00	506.00
VG580	680.0	612.00	748.00
VG1.000	1000.0	900.00	1100.00
VG1.500	1500.0	1350.00	1650.00
VG2.200	2200.0	1980.00	2420.00
VG3.200	3200.0	2880.00	3520.00

### 2.5.7. Aditivos

#### a) Aditivos detergentes

Los materiales de este tipo son generalmente moléculas que tienen una larga "cola" hidrocarbonada y un extremo polar. La sección de la "cola" (un grupo oleofílico), sirve como solubilizante en el fluido de base, mientras que el grupo polar es atraído por los contaminantes en el lubricante.

Aunque estos compuestos se llaman comúnmente detergentes, su función parece ser la de dispersar la materia particulada, antes que la limpieza de la suciedad. Por lo tanto, es más apropiado categorizarlos como dispersantes.

#### b) Aditivos dispersantes

Un gran desarrollo en el campo de los aditivos fue el descubrimiento de los dispersantes sin cenizas. Estos materiales se pueden categorizar en dos grandes tipos: dispersantes poliméricos de alto peso molecular usados para formular aceites multigrados y aditivos de bajo peso molecular que se usan cuando no es necesaria una modificación de la viscosidad. Estos aditivos son mucho más efectivos que los tipos metálicos para controlar los depósitos de barros y barnices que resultan de una operación intermitente a baja temperatura de motores de gasolina.

Los compuestos útiles para este propósito se caracterizan por un grupo polar ligado a una cadena hidrocarbonada de un relativo alto peso molecular. El grupo polar generalmente contiene uno o

más de los siguientes elementos: nitrógeno, oxígeno y fósforo. Las cadenas solubilizantes son generalmente de un peso molecular mayor que las utilizadas en los detergentes; sin embargo en algunos casos son bastante similares.

No se harán intentos por describir todos los materiales que caen dentro de esta categoría. La discusión se limitará a algunos de los productos comerciales más ampliamente usados

c) Aditivos antidesgaste

El desgaste es la pérdida de metal con el subsiguiente cambio en la luz entre las superficies móviles. Si continúa, resultará en un mal funcionamiento del equipo. Entre los principales factores causantes de desgaste son el contacto metal - metal, presencia de abrasivos, y ataque de ácidos corrosivos.

El contacto metal - 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 y son particularmente efectivos para reducir el desgaste en los árboles de levas. Otros aditivos contienen fósforo, azufre, o combinaciones de estos elementos.

El desgaste por abrasión se puede prevenir por la remoción de las partículas por filtración del aire que entra al motor, y del aceite.

El desgaste por corrosión resulta principalmente de los compuestos ácidos formados por la combustión. Este tipo de desgaste se puede prevenir usando aditivos alcalinos tales como fenatos básicos y sulfonatos.

d) Índice de viscosidad

La viscosidad de los líquidos disminuye al aumentar su temperatura. En la práctica de la lubricación interesa siempre que la viscosidad del lubricante disminuya lo menos posible al elevarse su temperatura.

Para expresar esta cualidad del aceite se ha ideado un sistema arbitrario denominado «índice de viscosidad» que fue desarrollado en 1929 por Deán y Davis.

En este sistema a los aceites parafínicos de Pensilvania caracterizados por variar muy poco su viscosidad con la temperatura, se le asignó un índice de viscosidad de 100, mientras que a los nafténicos del Golfo de México, cuya viscosidad varía mucho con la temperatura se les dio el índice 0.

El método propuesto por Deán y Davis consiste en comparar la viscosidad a 100°F del aceite problema con las que tienen los aceites de referencia de  $IV = 100$  e  $IV = 0$ , que presentan su misma viscosidad a 210 °



e) Degradación del aceite

Se define como el proceso por el cual se va reduciendo la capacidad del aceite para cumplir las funciones para las que se diseña, esto es: lubricar, proteger, refrigerar, limpiar y sellar.

Todo ello originado por la propia alteración de las propiedades físicas y químicas.

Las variaciones de las propiedades físicas y químicas del aceite se deben a las condiciones a las que se ve sometido durante su uso, y que en el caso de combustión alternativa son muy significativas factores como elevadas temperaturas, grandes velocidades de cizallamiento, ambientes corrosivos, contaminación, etc. Favorecen la velocidad de la degradación del aceite lubricante.

f) Contaminación del aceite.

La contaminación del aceite se define como la presencia de materias extrañas en el mismo. Se produce básicamente por tres causas principales:

- Contaminación externa, a través de los añadidos del aceite fresco que se realiza, por la admisión, por la ventilación del cárter, etc.
- Origen interno, por desgaste de los componentes mecánicos, fugas interna y degradación propia del lubricante.

- Por los propios procesos de fabricación y o mantenimiento, donde pueden quedar sustancias utilizadas para la limpieza de las piezas, residuos del mecanizado, etc.

Los elementos contaminantes que se pueden encontrar en los aceites de motor son fundamentalmente los siguientes: Elementos metálicos de desgaste propio de las piezas, impurezas y polvos atmosférico, productos carbonosos, productos de la degradación propia del aceite (lacas o barnices), agua, glicol, combustible, ácidos, etc

### 2.3. Marco Conceptual.

**Programa:** programa se define como un plan y orden de actuación, organización del trabajo dentro de un plan general de producción y en unos plazos determinados, o como la secuencia precisa de instrucciones codificadas en un ordenador para resolver un problema así como la declaración previa de lo que se piensa hacer en alguna materia u ocasión, o el anuncio o exposición de las partes de que se han de componer ciertas cosas o de las condiciones a que ha de sujetarse.

**Disponibilidad:** Es una función que permite calcular el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. La disponibilidad de un Ítem no implica necesariamente que esté funcionando, sino que se encuentra en condiciones de funcionar.

**Mantenimiento predictivo:** Un tipo de mantenimiento basado en condición, que enfatiza la detección temprana de una falla, utilizando técnicas no destructivas, como análisis de vibración, termografía y análisis de partículas de desgaste.

**Criticidad:** Es un indicador proporcional al riesgo que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, y permite direccionar el esfuerzo y los recursos a las áreas donde es más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad y administrar el riesgo

**Ciclo de Vida:** Plazo de tiempo durante el cual un Ítem conserva su capacidad de vida.

**Confiabilidad:** Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado.

**Costo del Ciclo de Vida:** Coste total de un Ítem a lo largo de su vida, incluyendo los gastos de compra, Operaciones de Mantenimiento, mejora, reforma y retirada.

**Desgaste:** El agotamiento o el desprendimiento de la superficie de un material como resultado de la acción mecánica.

**Extrusión:** Método de transformación donde un plástico es forzado a pasar a través de una abertura con forma definida, previa fusión del mismo.

**Abrasión:** Desgaste de la superficie, producido por rayado continuo, usualmente debido a la presencia de material extraño como tierra, o partículas metálicas en el lubricante. Esto puede también causar la

rotura o resquebrajamiento del material (como en las superficies de los dientes de los engranes). Falta de una adecuada lubricación puede dar como resultado la abrasión.

**Aceite:** Un líquido grasoso, untuoso de origen animal, vegetal, mineral o sintético.

**Aceite básico:** La base fluida, usualmente un producto refinado del petróleo o material sintético, en el que los aditivos son mezclados para producir lubricantes terminados.

**Aceite mineral:** Aceite derivado del petróleo o de una fuente mineral, a diferencia de algunos aceites que tienen origen en plantas y animales.

**Aceite multigrado:** Un aceite que cumple los requerimientos de más de un grado de la clasificación de viscosidad SAE y puede ser capaz de ser usado en un rango de temperatura más amplio que un aceite monogrado.

**Aceites negros:** Lubricantes conteniendo minerales asfálticos, que les imparten extra adhesividad. Fueron utilizados en la lubricación de engranes descubiertos y en cables (actualmente prohibidos).

**Aceitosidad:** Aquella propiedad del lubricante que produce baja fricción bajo condiciones de lubricación escasa. Mientras más baja la fricción, mayor es la Aceitosidad del lubricante.

**Acidez:** En lubricantes, la acidez denota la presencia de constituyentes de tipo ácido cuya concentración es usualmente definida en términos de número ácido. Los constituyentes varían de acuerdo a su naturaleza y pueden o no influenciar marcadamente el desempeño del lubricante.

**Adhesión:** La propiedad de un lubricante que ocasiona que se ancle o adhiera a una superficie sólida.

**Aditivo:** Un compuesto que mejora algunas propiedades o que imparte algunas propiedades nuevas al fluido básico. En algunas formulaciones de fluidos hidráulicos, el volumen de aditivos puede constituir hasta un 20% de su composición final. Los tipos más importantes de aditivos incluyen anti-oxidantes, aditivos anti-desgaste, inhibidores de corrosión, mejoradores del índice de viscosidad y anti-espumantes.

**Aditivo antidesgaste (AD):** Mejora la vida de elementos tribológicos que operan en régimen de lubricación escasa. Los compuestos anti-desgaste (ZDDP y TCP), se descomponen entre los 90 y 100°C y aún a menores temperaturas si hubiera agua presente (de 25 a 50 ppm)

**Aditivo antiestático:** Un aditivo que incrementa la conductividad de combustibles de hidrocarburos, para ayudar a la disipación de cargas electrostáticas durante el llenado a alta velocidad, reduciendo los peligros de explosión y fuego.

**Aditivo de extrema presión (EP):** Aditivo lubricante que previene las superficies deslizantes metálicas de desgastarse bajo condiciones de extrema presión. A las altas temperaturas locales asociadas con contactos metal-metal, un aditivo EP se combina químicamente con el metal para formar una película de superficie que previene de la soldadura de las asperezas opuestas y del consecuente daño que destruye las superficies deslizantes bajo cargas altas. Compuestos reactivos de azufre, cloro o fósforo son utilizados para formar estos compuestos inorgánicos.

**Agente antiespumante:** Uno o dos aditivos utilizados para reducir la espumación en productos del petróleo: aceite de silicona para romper las burbujas grandes y varias clases de polímeros para decrecer la cantidad de burbujas pequeñas en el aceite.

**AGMA:** Abreviación de la "American Gear Manufacturers Associations", (Asociación de Fabricantes de Engranés de los Estados Unidos), una asociación al servicio de la industria de los engranes

**Antioxidantes:** Prolongan el periodo de inducción del aceite básico en la presencia de condiciones oxidantes y metales catalizadores a elevadas temperaturas. El aditivo es consumido y los productos de degradación se incrementan no solo en condiciones de temperaturas elevadas y sostenidas, sino también con el incremento de condiciones de agitación mecánica o turbulencia y contaminación - aire, agua, partículas metálicas y polvo.

**ASTM "American Society for Testing Materials":** Una asociación que desarrolla los estándares para materiales y métodos de prueba.

**Carga Timken OK:** La mayor carga que un lubricante de prueba puede sostener sin desgastar el bloque de prueba en el procedimiento de prueba Timken. (Para grasas ASTM D2509, para aceite ASTM D2782).

**Código de contaminación sólida iso (ISO 4406):** Un código asignado basado en el número de partículas por unidad de volumen mayores a 4, 6 y 14 micrones en tamaño. Los números de rango identifican cada incremento en la población de las partículas en el espectro de niveles.

**Contaminante:** Cualquier material extraño o sustancia no deseada que puede tener un efecto negativo en un sistema en operación, su vida o confiabilidad.

**Conteo de partículas:** Cantidad de partículas mayores a cuatro micrones por unidad de volumen de fluido, con frecuencia se establece como partículas >10 micrones por mililitro.

**Control de contaminación:** Sistema de planeación, organización, administración e implementación de todas las actividades requeridas para determinar, alcanzar y mantener un determinado nivel de contaminación. Dinámica de las burbujas.

**Degradación:** La falla progresiva de un lubricante o una máquina.

**Densidad:** La masa de una unidad de volumen de una sustancia. Es un valor numérico que varía de acuerdo con las unidades usadas.

**Densidad de partículas:** Un parámetro importante para establecer el potencial de partículas atrapadas que inciden en las superficies de control y causan erosión.

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

**Lubricación por salpique:** Un sistema de lubricación en el que las partes de un mecanismo se sumergen y salpican el lubricante a ellas mismas o a otras partes del mecanismo.

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

**Lubricante de engranes hipoidales:** Un lubricante de engranes que tiene características de extrema presión para usarse en engranes de tipo hipoidales como los de un diferencial de camión o automóvil.

**Lubricante sintético:** Un lubricante producido por síntesis química mas que por extracción o refinamiento del petróleo para producir compuestos con propiedades planeadas y predecibles.

**Lubricante EP (Extrema Presión):** Lubricante que imparte a las superficies en contacto la habilidad de soportar apreciablemente mayores cargas de las que serían posibles con lubricantes ordinarios sin excesivo desgaste o daño..

**Mantenimiento preventivo:** Acciones de mantenimiento desarrolladas sobre la base de un calendario o programa fijo que involucran reparaciones de rutina y reemplazo de componentes y partes de la maquinaria.

**Mantenimiento proactivo:** Un tipo de mantenimiento basado en condición que enfatiza la rutina de la detección y corrección de las condiciones de causas de falla que de otra manera podrían convertirse en una falla. Dichas causas de falla como alta contaminación de lubricante, alineación y balanceo son tal vez las más críticas.

**Mejoradores del índice de viscosidad:** Aditivos que incrementan la viscosidad de un fluido con respecto a su rango de temperatura útil. Estos aditivos son polímeros que poseen la fuerza de espesar como resultado de su peso molecular y son necesarios para la formulación de los aceites multigrados de motor.

**Micrómetro:** Vea micrón.



**Número ácido (AN antes TAN):** La cantidad de base, expresada en miligramos de hidróxido de potasio que se requiere para neutralizar todos los componentes ácidos presentes en un gramo de muestra. (ASTM D974).

**Número básico (BN antes TBN):** La cantidad de ácido, expresada en miligramos de hidróxido de potasio que se requiere para neutralizar todos los componentes básicos presentes en un gramo de muestra. (ASTM D974).

**Viscosidad absoluta:** La relación de la tasa de agitación con el gradiente de velocidad de un fluido. Se expresa en Centipoises. Es un término utilizado

**Viscosidad cinemática:** La viscosidad absoluta, dividida por la densidad del fluido. Se expresa en centistokes. El tiempo requerido para que una cantidad fija de un aceite fluya a través de un tubo capilar bajo la fuerza de la gravedad. La unidad de la viscosidad cinemática es el stoke o centistoke (1/100 de un stoke). La viscosidad cinemática puede ser definida como el cociente de la viscosidad absoluta en centistokes, dividida por la gravedad específica de un fluido, ambos a la misma temperatura.  $\text{Centipoises/Gravedad Específica} = \text{Centistokes}$

## CAPÍTULO III: DISEÑO DE UN PROGRAMA DE ANALISIS DE ACEITE

### 3.1 Análisis Por Sistemas de la línea (bopp y bopet).

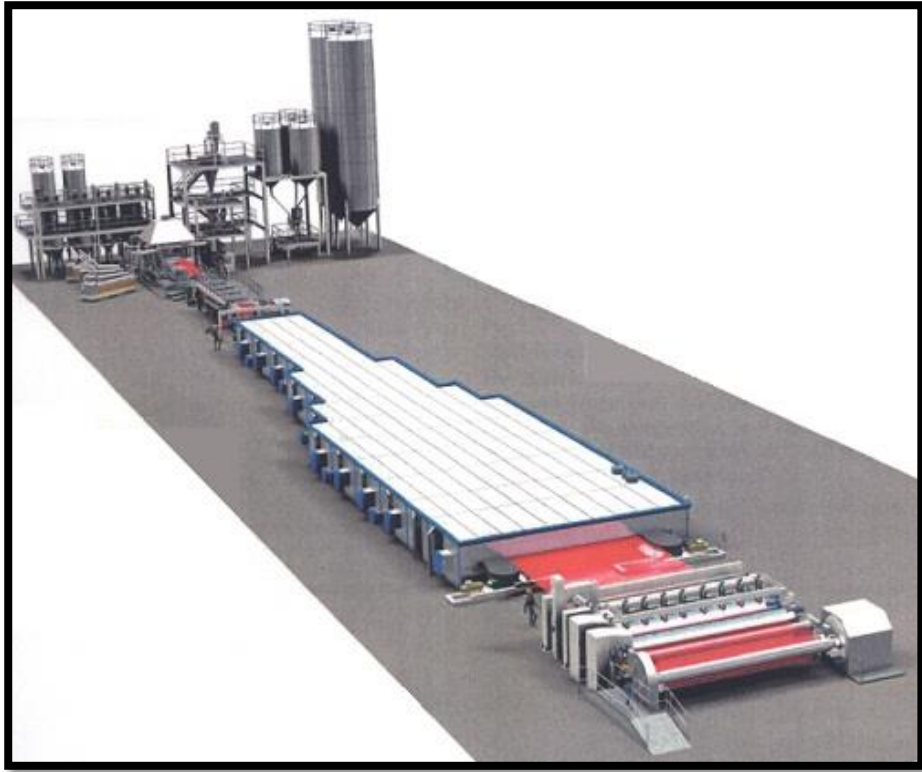
Para el diagnostico de averías, por análisis de la degradación y contaminación del aceite los sistemas de lubricación juegan un papel muy importante en el funcionamiento de cualquier tipo de máquina y tienen encomendadas una serie de funciones, por el cual en OPP FILM S.A Planta I-II se realizó el análisis de lubricantes para brindar confiabilidad al proceso mediante el programa del mantenimiento predictivo de análisis de aceite.



Figura N° 20 Ubicación de la empresa opp film s. a Perú.  
(<http://www.obengroup.com/quiene>)



Figura N°21 opp film



*Figura N°22 Línea BOPP*



*Figura N° 23 Línea BOPP*

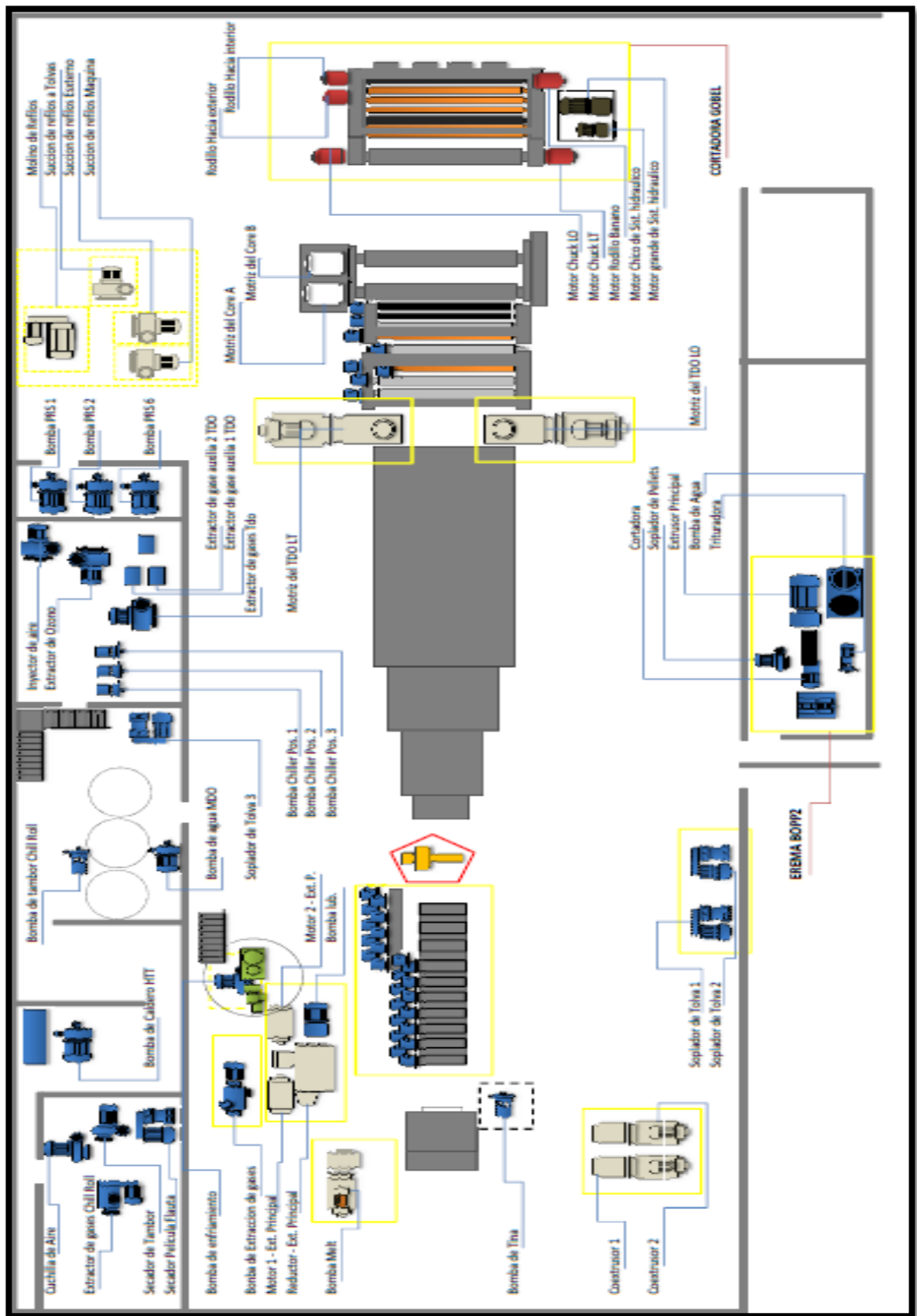


Figura N°24 Sistemas de la linea BOPP, BOPET

## Principales sistemas donde se ubican los reductores

### 3.1.1. Extrusora principal

Sistema donde se encuentra el reductor más crítico de la línea que es de marca COPERION, lo cual tiene una capacidad de tanque de 380 Lt.

### 3.1.2. Bomba MET

Reductor que da transmisión a la bomba principal de extrusión tiene una capacidad de 50 Lt. De aceite.

### 3.1.3. Co-extrusora N° 1- N° 2

Son los reductores de apoyo que ayudan a la extrusora principal para darle las capas necesarias a la película, las cajas tienen una capacidad de 50 Lt. Cada uno.

### 3.1.4. Mdo

Reductor que transmite movimiento a los rodillos de termo fijación, para generar calor a la película durante el paso por los rodillos.

### 3.1.5 Tdo

Reductor que se encarga de transmitir potencia para el giro a perno que está acoplado a la cadena de estiramiento dentro del sistema de TDO, tiene una capacidad de 150 Lt. Cada una, (LO/LT).

### 3.2. Diseño del programa de mantenimiento predictivo

El diseño que se estará teniendo es del modo teórico-práctico la cual constara de recopilación de información historia, información actualizada por nuestros técnicos y el “SIGNUN” que nos proporcionen nuestros proveedores con esto se creara el plan de mantenimiento predictivo con las frecuencias, tiempos y costos negociados para poder implementarlas en OPP FILM S.A.

#### 3.2.1. Selección de Equipo.

Tabla N° 5  
Elaboración propia

PLANTA	MAQUINARIA	SISTEMA	EQUIPO PADRE	EQUIPO HIJO
I	BOPP N°1	- EXTRUSORA PRINCIPAL	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
I	BOPP N°1	- BOMBA MELT	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
I	BOPP N°1	- CO-EXTRUSORA N°1	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
I	BOPP N°1	- CO-EXTRUSORA N°2	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
I	BOPP N°1	- MDO	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
I	BOPP N°1	- TDO	SISTEMA DE TRANSMISION	REDUCTOR LO
I	BOPP N°1	- TDO	SISTEMA DE TRANSMISION	REDUCTOR LT
I	BOPP N°2	- EXTRUSORA PRINCIPAL	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
I	BOPP N°2	- BOMBA MELT	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
I	BOPP N°2	- CO-EXTRUSORA N°1	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
I	BOPP N°2	- CO-EXTRUSORA N°2	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
I	BOPP N°2	- TDO	SISTEMA DE TRANSMISION	REDUCTOR LO
I	BOPP N°2	- TDO	SISTEMA DE TRANSMISION	REDUCTOR LT
II	BOPP N°3	- EXTRUSORA PRINCIPAL	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
II	BOPP N°3	- CO-EXTRUSORA N°1	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
II	BOPP N°3	- CO-EXTRUSORA N°2	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
II	BOPP N°3	- BOMBA MELT	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
II	BOPP N°3	- TDO	SISTEMA DE TRANSMISION	REDUCTOR LO
II	BOPP N°3	- TDO	SISTEMA DE TRANSMISION	REDUCTOR LT
II	BOPP N°4	- EXTRUSORA PRINCIPAL	SISTEMA MOTRIZ DE EXTRUSION	REDUCTOR
II	BOPP N°4	- CO-EXTRUSORA N°1	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
II	BOPP N°4	- CO-EXTRUSORA N°2	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
II	BOPP N°4	- BOMBA MELT	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
II	BOPP N°4	- TDO	SISTEMA DE TRANSMISION	REDUCTOR LO
II	BOPP N°4	- TDO	SISTEMA DE TRANSMISION	REDUCTOR LT
I	BOPET 1	- EXTRUSORA PRINCIPAL	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
I	BOPET 1	- BOMBA MELT	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
I	BOPET 1	- CO-EXTRUSORA N°1	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
I	BOPET 1	- CO-EXTRUSORA N°2	SISTEMA MOTRIZ	REDUCTOR
I	BOPET 1	- TDO	SISTEMA DE TRANSMISION	REDUCTOR LO
I	BOPET 1	- TDO	SISTEMA DE TRANSMISION	REDUCTOR LT

### 3.2.2. Localización de puerto de muestreo

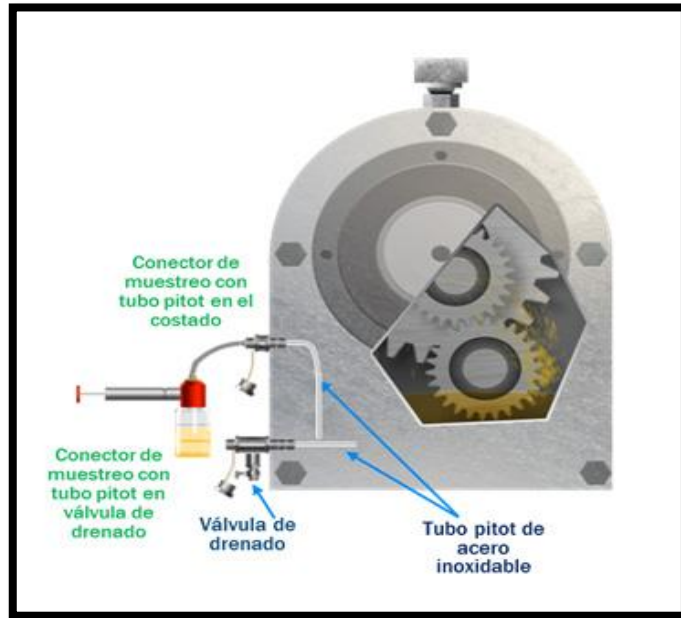


Figura N° 25 Punto de muestreo

a) Equipo para toma de muestra.



Figura N°26 bomba manual de muestreo



b) Botella de muestra.

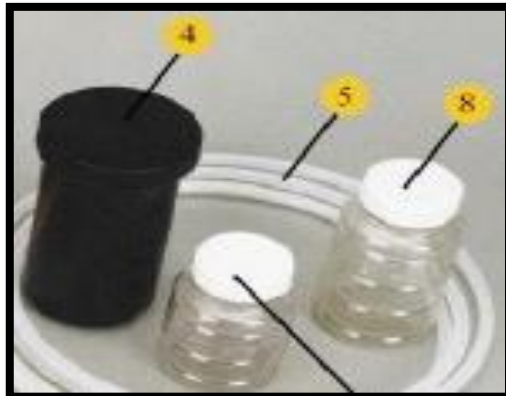


Figura N° 27 botellas de muestra (Octavio Catalán Rivera, 2003)

### 3.2.2.1. Procedimiento para muestreo

1. En un cuarto limpio coloque la botella tapada dentro de una bolsa limpio tipo “zip-lock” y ciérrela. Ponga también en las bolsas los dispositivos de muestreo y la sonda

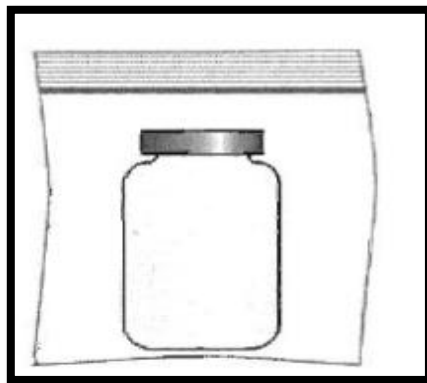
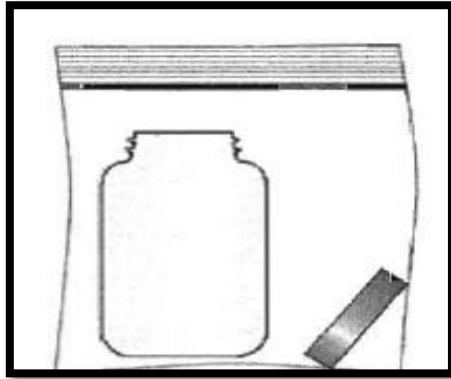


Figura N° 29 Bolsa de protección (Octavio Catalán Rivera, 2003)

2. Coloque las bolsas individuales dentro de una bolsa “zip-lock” grande incluyendo los dispositivos de muestreo.
3. Justo antes de tomar la muestra, quite la tapa si abrir la bolsa.



*Figura N° 29 Botella de aceite*

4. Enrosque la botella en sonda o bomba de vacío sin abrir la bolsa.



*Figura N° 30 bombas de vacío*

5. Después de tomar la muestra, tape la botella firmemente sin abrir la bolsa
6. Saque la botella de la bolsa y etiquétela y deseche la bolsas

### 3.2.3. Frecuencia de muestreo.

Tabla N° 6  
Elaboración propia

PLANTA	MAQUINARIA	SISTEMA	EQUIPO HIJO	FRECUENCIA. (SEM)	N° DE PERS.	TIEMPO (min.)
I	BOPP N°1	- EXTRUSORA PRINCIPAL	REDUCTOR	8	2	30
I	BOPP N°1	- BOMBA MELT	REDUCTOR	8	2	30
I	BOPP N°1	- CO-EXTRUSORA N°1	REDUCTOR	8	2	30
I	BOPP N°1	- CO-EXTRUSORA N°2	REDUCTOR	8	2	30
I	BOPP N°1	- MDO	REDUCTOR	8	2	30
I	BOPP N°1	- TDO	REDUCTOR LO	8	2	30
I	BOPP N°1	- TDO	REDUCTOR LT	8	2	30
I	BOPP N°2	- EXTRUSORA PRINCIPAL	REDUCTOR	8	2	30
I	BOPP N°2	- BOMBA MELT	REDUCTOR	8	2	30
I	BOPP N°2	- CO-EXTRUSORA N°1	REDUCTOR	8	2	30
I	BOPP N°2	- CO-EXTRUSORA N°2	REDUCTOR	8	2	30
I	BOPP N°2	- TDO	REDUCTOR LO	8	2	30
I	BOPP N°2	- TDO	REDUCTOR LT	8	2	30
II	BOPP N°3	- EXTRUSORA PRINCIPAL	REDUCTOR	8	2	30
II	BOPP N°3	- CO-EXTRUSORA N°1	REDUCTOR	8	2	30
II	BOPP N°3	- CO-EXTRUSORA N°2	REDUCTOR	8	2	30
II	BOPP N°3	- BOMBA MELT	REDUCTOR	8	2	30
II	BOPP N°3	- TDO	REDUCTOR LO	8	2	30
II	BOPP N°3	- TDO	REDUCTOR LT	8	2	30
II	BOPP N°4	- EXTRUSORA PRINCIPAL	REDUCTOR	8	2	30
II	BOPP N°4	- CO-EXTRUSORA N°1	REDUCTOR	8	2	30
II	BOPP N°4	- CO-EXTRUSORA N°2	REDUCTOR	8	2	30
II	BOPP N°4	- BOMBA MELT	REDUCTOR	8	2	30
II	BOPP N°4	- TDO	REDUCTOR LO	8	2	30
II	BOPP N°4	- TDO	REDUCTOR LT	8	2	30
I	BOPET 1	- EXTRUSORA PRINCIPAL	REDUCTOR	8	2	30
I	BOPET 1	- BOMBA MELT	REDUCTOR	8	2	30
I	BOPET 1	- CO-EXTRUSORA N°1	REDUCTOR	8	2	30
I	BOPET 1	- CO-EXTRUSORA N°2	REDUCTOR	8	2	30
I	BOPET 1	- TDO	REDUCTOR LO	8	2	30
I	BOPET 1	- TDO	REDUCTOR LT	8	2	30

### 3.2.4. Selección de pruebas de rutina y excepción

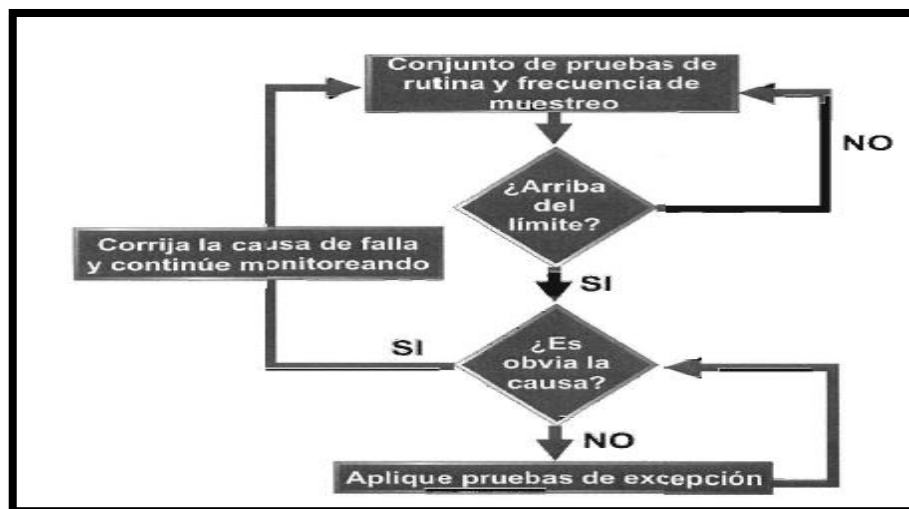


Figura N° 31 rutinas y excepción

Tabla N° 7

Pruebas de análisis de aceite ( *Octavio Catalán Rivera, 2003* )

Análisis de Aceite	Objetivo	Resultado esperado
Viscosidad	Salud del lubricante	Estable
Número de Neutralización (AN y BN)	Degradación del lubricante	Tendencia decreciente lenta
Punto de inflamación	Contaminación	Estable
Análisis de elementos por emisión atómica	Degradación de aditivos Contaminación Metales de Desgaste	Decremento suave Negativo Negativo – Tendencia suave
FTIR – Análisis infrarrojo	Degradación de aditivos Contaminación	Decremento suave Negativo
Conteo de partículas	Contaminación y/o desgaste	Estable en la meta establecida
Análisis de humedad	Contaminación	Negativo
Densidad ferrosa o partículas ferrosas	Desgaste	Decremento o Estable
Ferrografía analítica	Localización del tipo de desgaste presente	Identificación del tipo de desgaste, procedencia y causa
Resistencia a la oxidación RPVOT	Salud del lubricante	Estable
Pruebas de membrana y gota	Salud del lubricante Contaminación Desgaste	Conservación de aditivos Negativo Negativo - Estable

### 3.2.5. Establecimiento de objetivos y límites de limpieza.

Tabla N° 8

Código de limpieza ISO 1406

Código de Rango	Partículas por 100 ml de fluido	
	Más de	Hasta y incluyendo
24	8,000,000	16,000,000
23	4,000,000	8,000,000
22	2,000,000	4,000,000
21	1,000,000	2,000,000
20	500,000	1,000,000
19	250,000	500,000
18	130,000	250,000
17	64,000	130,000
16	32,000	64,000
15	16,000	32,000
14	8,000	16,000
13	4,000	8,000
12	2,000	4,000
11	1,000	2,000
10	500	1,000
9	250	500
8	130	250
7	64	130
6	32	64

Tabla N° 9  
Código de limpieza para reductores ( *Octavio Catalán Rivera, 2003* )

Típicos Objetivos Base de Limpieza	
Rodamientos	16/14/12
Cojinetes	17/15/12
Transmisión industrial	17/15/12
Caja de cambios	17/16/13
Motor diesel	17/16/13
Turbina de vapor	18/15/12
Máquina de papel	19/16/13

#### Beneficios de los límites

- Alertan las condiciones de desgaste anormal de la maquina o condición de operación
- Alertan la contaminación del aceite
- Alertan de básicos y aditivos fuera de especificaciones
- Alertan del aceite incorrecto
- Sustancialmente reducen la cantidad de datos que uno revisa
- Los límites por objetivo definen las metas de desempeño, no impiden la falla.

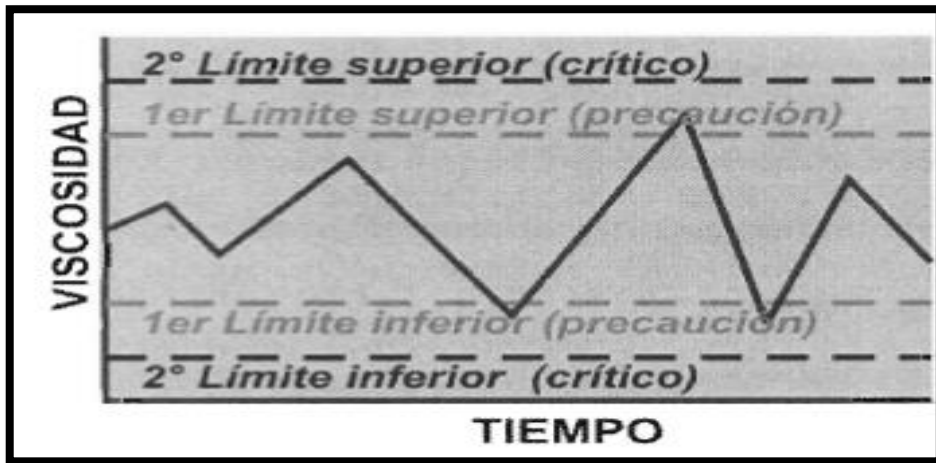


Figura N° 31 Límites de análisis de aceite

Los límites pueden ser establecidos:

- Superiores
- Inferiores
- Ambos

Tabla N°10 Límites permisibles

	Límite	Aceite Motor (cSt) @ 40 C	Aceite Industrial (cSt) @ 100 C
Superior	Critico	+ 20%	+ 10%
	Precaución	+ 10%	+ 5%
Inferior	Critico	- 5%	- 5%
	Precaución	- 10%	-10%

Límites basados en metas

Los límites por metas tienen el objetivo de estabilizar la salud, no alertar una condición anormal o de falla. Son proactivos, ya que se dirigen a causa de falla

Tabla N° 11  
Aplicaciones ( (Octavio Catalán Rivera, 2003)

1. Conteo de partículas	Controla la limpieza y el desgaste abrasivo
2. Viscosidad	Controla la película de aceite
3. Humedad (agua)	Controla la humedad y la salud de la máquina y el aceite
4. Glicol / dilución por combustible	Controla la salud de aceites de motor
5. AN/BN	Controla el potencial de corrosión

#### Límites de envejecimiento

Los límites de envejecimiento indican el acercamiento de fin de la vida útil de los aditivos, aceite base, maquina etc. Son del tipo predictivo.

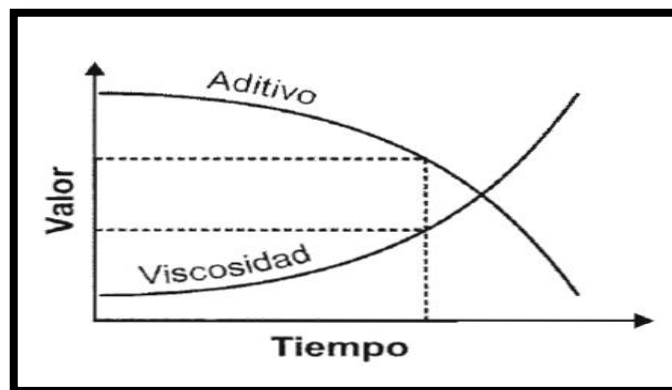


Figura N° 32 Límites de envejecimiento ( (Octavio Catalán Rivera, 2003)

Tabla N 12  
 Límites de envejecimiento ( **Octavio Catalán Rivera, 2003** )

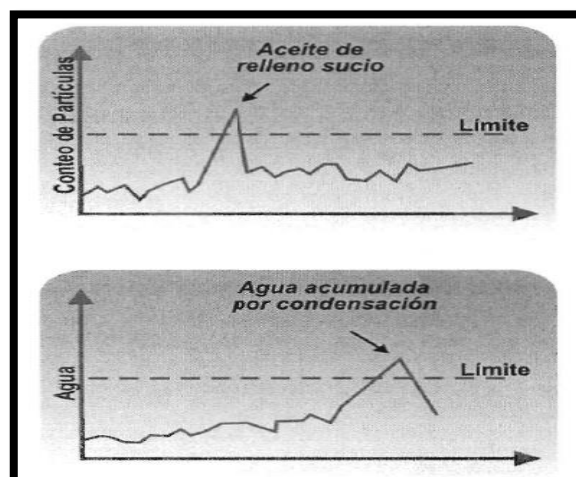
1. Viscosidad/FTIR	Oxidación inminente
2. Voltametría	Agotamiento de aditivo
3. AN/BN	Agotamiento de aditivo e inicio de oxidación
4. Zinc, fósforo, calcio, etc.	Agotamiento de aditivo
5. Cobre (etc.)	Desgaste de cigüeñal y metales
6. Constante dieléctrica	Oxidación inminente

### 3.2.6. Revisión de datos.

#### a) Patrones de datos. (Advierten)

- Algunos son de acción inmediata.
- Otra nos alertan de una condición oculta, pero de consecuencias.
- Ciertos patrones de datos son capaces de predecir eventos futuros.
- Mientras que otras son inciertas dejando dudas. Estos generan otras investigaciones.

#### c) Patrones de datos proactivos.

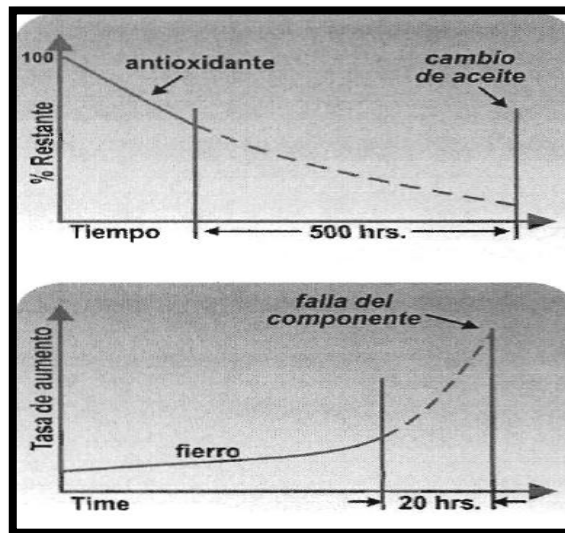




*Figura N°33 patrones proactivos (Octavio Catalán Rivera, 2003)*  
La información confirma una condición amenazante no inmediata que requiere una acción correctiva de rutina.

- Conteo de partículas alto
- Alta humedad
- Aceite erróneo
- Filtro o respiradero ineficiente
- Sellos dañados
- Corrosión moderada

d) Patrones de datos predictivos (Señalan)



*Figura N°34 Datos predictivos (Octavio Catalán Rivera, 2003)*

La condición nos indica la severidad de la condición y cuándo ocurrirá un evento futuro que es dañino.

- AN/BN
- FTIR – Oxidación
- Degradación de aditivos
- RPVOT

- Viscosidad.

e) Patrones de datos determinísticos (Declaran)

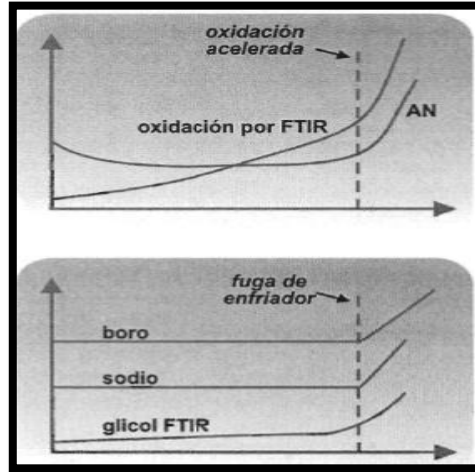


Figura N°35 Datos determinísticos (Octavio Catalán Rivera, 2003)

Los datos confirman un evento definitivo amenazante que requiere una acción correctiva inmediata.

- Oxidación
- Falla térmica
- Perdida de reserva alcalina
- Falla de filtro
- Falla e enfriador
- Desgaste acelerado

f) Patrones de datos probalísticos. (Se presume)

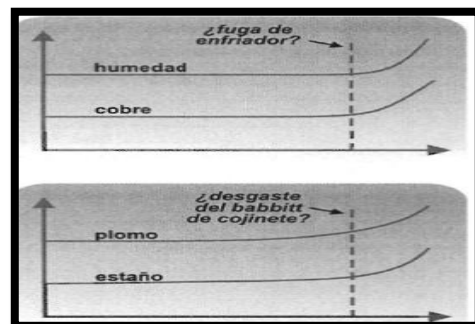


Figura N°36 Datos probalísticos (Octavio Catalán Rivera, 2003)

El patrón de datos sugiere la posible causa de un problema actual o inminente.

- Falla del componente
- Elementos metálicos de desgaste
- Ferrografía analítica
- Desalineamiento
- Agotamiento de aditivos

3.2.7. Interpretación de resultados y toma de decisiones de mejora continúa

*Tabla N°13  
Interpretación y respuesta de datos basados en límites simples*

Límites Objetivo/Meta (Sup.)			Límites de Envejecimiento		
	Alerta	Crítico		Alerta	Crítico
Limpieza	*/14/11	*/16/13	Viscosidad	+5%	+10%
Humedad	200	600	RPVOT	-30%	-60%
AN	0.2	0.4	FTIR-Ox	0.3	1.0
Combustible	1.5%	5%	Zinc	-15%	-30%
Glicol	200 ppm	400 ppm	Calcio	-10%	-20%
Hollín	2%	5%	BN	-50%	-75%

### 3.3 Revisión y Consolidación de Resultados.

Con la implementación de proyecto de ingeniería en las instalaciones de la empresa opp film lo cual se hace la comparación del gasto anual en mantenimientos correctivos que realiza el área de mantenimiento con respecto al mantenimiento predictivo se observa

según los datos realizados genera menos gastos y mayor disponibilidad de los la líneas.

*Tabla N° 8  
Elaboración propia*

Costo de mantenimiento predictivo BOPP			
muestra de aceite	Precio unitario (\$)	Frecuencia	costo por equipo anual (\$)
REDUCTOR DE CO-EXTRUSORA N° 1	18	8 sem	108
REDUCTOR DE CO-EXTRUSORA N°2	18	8 sem	108
REDUCTOR DE BOMBA MELT	18	8 sem	108
REDUCTOR PRINCIPAL /LB	18	8 sem	108
REDUCTOR PRINCIPAL /LD	18	8 sem	108
REDUCTOR DE CADENA LO	18	8 sem	108
costo total anual			648

*Tabla N° 9  
Elaboración propia*

Costo de mantenimiento correctivo BOPP		
comprobar el aceite	sin programa de analisis de aceite	con programa de analisis de aceite
REDUCTOR DE CO-EXTRUSORA N° 1	3500	2300
REDUCTOR DE CO-EXTRUSORA N°2	4500	2500
REDUCTOR DE BOMBA MELT	1200	500
REDUCTOR PRINCIPAL	9400	4500
REDUCTOR DE CADENA	600	450
COSTO ANUAL (\$)	19200	10250

Según los cálculos realizados se observa que tenemos un gasto anual en mantenimiento correctivo sin el programa de análisis de aceite en la línea BOPP, que asciende a \$ 19200, y realizando el programa de análisis de aceite tenemos un gasto de \$ 10250 anuales, así teniendo una utilidad de **\$ 8950** anual.

Tabla N° 10  
Elaboración propia (según anexo "B")

Costo de mantenimiento predictivo BOPET			
muestra de aceite	Precio unitario (\$)	Frecuencia	costo por equipo anual (\$)
REDUCTOR DE CO-EXTRUSORA N° 1	18	8 sem	108
REDUCTOR DE CO-EXTRUSORA N°2	18	8 sem	108
REDUCTOR DE BOMBA MELT	18	8 sem	108
REDUCTOR PRINCIPAL / LB	18	8 sem	108
REDUCTOR PRINCIPAL / LD	18	8 sem	108
REDUCTOR DE CADENA	18	8 sem	108
costo total anual			648

Tabla N° 11  
Elaboración propia (según anexo "B")

Costo de mantenimiento correctivo BOPET		
comprobar el aceite	sin programa de analisis de aceite	con programa de analisis de aceite
REDUCTOR DE CO-EXTRUSORA N° 1	6300	2390
REDUCTOR DE CO-EXTRUSORA N°2	5600	2300
REDUCTOR DE BOMBA MELT	1200	654
REDUCTOR PRINCIPAL	10500	5580
REDUCTOR DE CADENA	600	400
<b>COSTO ANUAL (\$)</b>	<b>24200</b>	<b>10924</b>

Según los cálculos realizados se observa que tenemos un gasto anual en mantenimiento correctivo sin el programa de análisis de aceite en la línea BOPET, que asciende a \$ 24200, y realizando el programa de análisis de aceite tenemos un gasto de \$ 10924 anuales, así teniendo una utilidad de **\$ 13276.5** anual.

Tabla N° 12  
Cuadro de inversión

CATEGORÍA DE COSTO	COSTO POR MAQUINA	
	INICIALES	EN MARCHA /ANUAL
Diseño del programa	\$ 200	
Actualización del sistema de filtración	\$ 1000	
Actualización de respiraderos, sellos y tanques	\$ 250	
Desarrollo del mamnual de mejoras practicas	\$ 100	
Desarrollo y entranamiento del grupo	\$ 100	
Instalación y mano de obra de arranque	\$ 500	
Elementos de filtro		\$ 100
Elementos del respirador		\$ 50
Partes de reparación del sistema		\$ 100
Mano de obra adecional de MP		\$ 100
Mano de obra adecional de reparación del sistema		\$ 100
Análisis de aciete		\$ 540
Actualización del mamnual de mejoras practicas		\$ 50
Continuación del entranamiento del grupo		\$ 100
<b>COSTO TOTAL /UNIDAD</b>	<b>\$ 2150</b>	<b>\$ 1240</b>

Fuente propia

Los resultados obtenidos en La Implementación del programa de Mantenimiento predictivo de análisis de aceite en cajas reductoras en la empresa OPP FILM. S.A. nos demuestran que:

- a) Se disminuyó (38%), el gasto en mantenimiento correctivo en los reductores de la línea BOPP, BOPET.

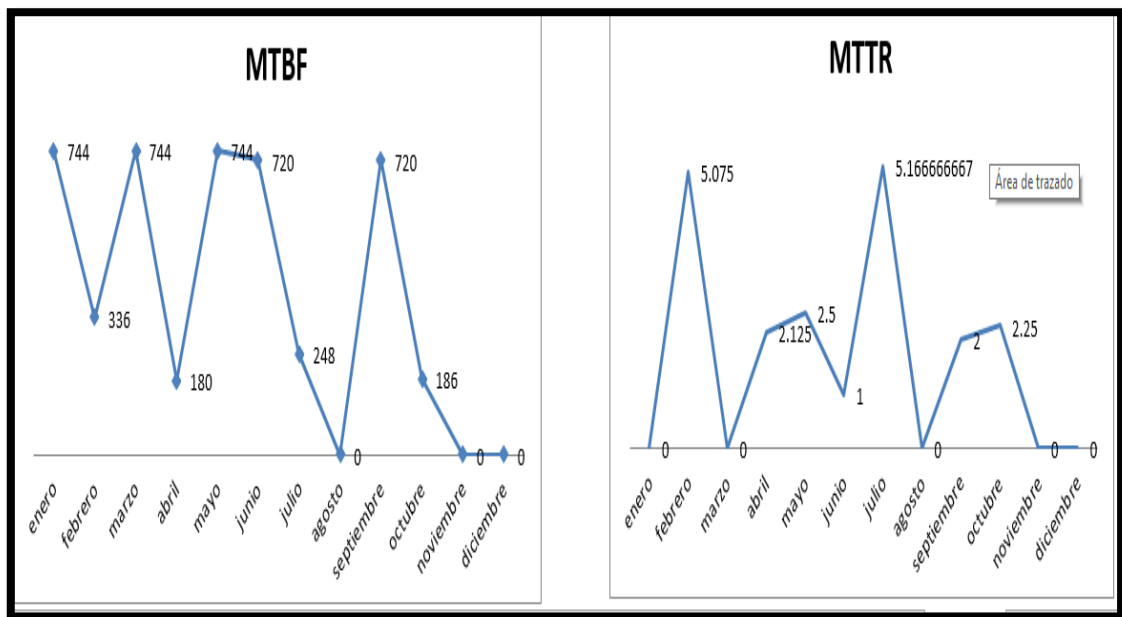


Figura N°37 grafico de indicadores de mantenimiento.

- c) se genera mayor disponibilidad de las líneas según los indicadores de mantenimiento
- b) se disminuye en (25%), las paradas no planificadas según análisis del grafico N° 31.

## CONCLUSIONES

- El uso correcto de las herramientas que se utilizan para extraer una muestra de aceite usado, aseguran la confiabilidad del resultado por lo tanto la certeza de la acción preventiva o correctiva que se tome.
- El estado económico observamos que genera ganancias muy favorables al reducir los costos de mantenimiento correctivos de cada unidad, por medio del análisis de aceite que nos proporciona los niveles de desgaste de los diferentes componentes del reductor para dar solución temprana antes del fallo del equipo.
- Dando un seguimiento apropiado de mantenimiento predictivo y la constante capacitación del personal, como monitoreo y análisis de aceite usado; los encargados del área pueden contribuir a prolongar la vida útil de cada equipo.



## RECOMENDACIONES

- Tener especial cuidado con los aparatos que se utilizan para muestrear, ya que son sumamente delicados y una pequeña falla en el procedimiento pudiera contaminarlos y estropear todo, por eso se recomienda recibir una instrucción sobre el uso y manejo de estos aparatos para garantizar una muestra eficaz y segura.
- Así mismo, tener en cuenta el procedimiento correcto de cómo hacer la extracción de la muestra, ya que más del 25% de los problemas que presentan los resultados de los análisis se deben a tomas incorrectas de la muestra.
- Tener conocimiento sobre los diferentes programas y servicios de análisis de aceite usado recomendados para los diferentes equipos y componentes.
- Solicitar este servicio de análisis y monitoreo de lubricantes con el personal técnico especializado, ya que eso proporcionará información real y segura de lo que se necesita, así mismo lo relacionado con la interpretación de los mismos.
- Tomar en cuenta que el objetivo fundamental de este procedimiento es determinar el estado operativo real del componente analizado y del lubricante, para evitar costosas reparaciones y paros innecesarios, por lo que es una herramienta fundamental en operaciones donde el equipo no se puede detener.

## BIBLIOGRAFÍA.

Aguinaga A. (2005). *ingenieria de mantenimiento*.

Tormos B. (2005) Diagnostico de motores diésel mediante análisis del aceite usado

Belén M. (2008). *Mantenimiento Industrial*. Madrid: universidad carlos III.

Garcia G. (2008). *Ingenieria de Mantenimiento* . Madrid: Renovetec.

Garcia G. (2009). *Mantenimiento Predictivo*. Madrid: Renovetec.

Gerardo T. (2004). *OIL ANALYSISBASIC*. Mexico: Noria.

Jorge G. (2004). *Mantenimiento Industrial* .

Moubray J. (1997). *Reliability-Centered Maintenance II*. NEW YORK: Industrial Press Inc.

Octavio C. (1978). Anlisis de aceite I. santiago, catolica, chile.

Octavio C. (2003). oil analysi II. madrid.

Miguel de Castro Vicente, Segundo Estevez Somolinos. (1988). Enciclopedia del automóvil: transmisiones y bastidor. Barcelona, España. Ediciones CEAC, S.A

[http://www.cva.itesm.mx/biblioteca/pagina\\_con\\_formato\\_version\\_oct/apa.htm](http://www.cva.itesm.mx/biblioteca/pagina_con_formato_version_oct/apa.htm)

[http://html.rincondelvago.com/engranajes\\_transmision-de-movimiento-circular.html](http://html.rincondelvago.com/engranajes_transmision-de-movimiento-circular.html)

<https://es.scribd.com/doc/29558090/Engranajes>.

[http://www.electronicaestudio.com/docs/1550\\_Tutorial\\_de\\_ENGRANES.pdf](http://www.electronicaestudio.com/docs/1550_Tutorial_de_ENGRANES.pdf)


.

# ANEXOS "A" INFORME DE ANALISIS DE ACEITE

**LUBLAB 2.0**  
Laboratorio de Monitoreo  
de Aceites en Servicio  
lublab@isopetrol.com.pe

**REPORTES DE ANALISIS**

**OPP FILM S.A.**



**isopetrol**  
CONTROL LUBRICANTES S.L. S.R.L.

			PRECAUCION
CODIGO EQUIPO	8750FP3	CODIGO ASIGNADO	005211
DESCRIPCION EQUIPO	80FP3	FECHA MUESTREO	19/10/2015
MARCA EQUIPO	BRUCKNER	FECHA RECEPCION	21/10/2015
MODELO/SERIE EQUIPO	SM	FECHA REPORTE	22/10/2015
CODIGO COMPONENTE	87REDUCTOR PRINCIPAL / LD	LUBRICANTE	OMALA S2 G 320
DESCRIPCION COMPONENTE	REDUCTOR ENGRANAJE		
MODELO/SERIE COMPONENTE	4573665 - 0020-1 / 2011	SAE O ISO	320
MARCA COMPONENTE	COPELSON	HR ACEITE	26919.00
CAPACIDAD TANQUE ACEITE (gal)	101.00	KM ACEITE	-
VOLUMEN DE RELLENO (gal)	0.00	HR EQUIPO	26919.00
FRECUENCIA DE RELLENO	OTROS	KM EQUIPO	-

	ENSAYOS	METODOS	RESULTADOS
<b>CONDICIONES FISICOQUIMICAS</b>			
	Viscosidad a 40°C , cSt	ASTM D7279	321.75
	Viscosidad a 100°C , cSt	ASTM D7279	24.52
	Oxidación, Avcm	ASTM E2412	2.87
	TAN, mg/KOH/g	ASTM D664	0.84
	Código ISO	ISO 4406	21/17/12
<b>CONTAMINANTES EXTERNOS</b>			
	Agua, %	ASTM E2412	0
	Silicio, ppm	ASTM D6595	2
	Sodio, ppm	ASTM D6595	0
<b>CONTENIDO METÁLICO</b>			
	Aluminio, ppm	ASTM D6595	0
	Cobre, ppm	ASTM D6595	22
	Cromo, ppm	ASTM D6595	0
	Hierro, ppm	ASTM D6595	4
	Plomo, ppm	ASTM D6595	1
	Estaño, ppm	ASTM D6595	0
	Níquel, ppm	ASTM D6595	1
	Cadmio, ppm	ASTM D6595	0
	Vanadio, ppm	ASTM D6595	0
	Plata, ppm	ASTM D6595	0
<b>METALES DE ADITIVO (REFERENCIALES)</b>			
	Calcio, ppm	ASTM D6595	0
	Fosforo, ppm	ASTM D6595	267
	Zinc, ppm	ASTM D6595	9
	Magnesio, ppm	ASTM D6595	0
	Boro, ppm	ASTM D6595	0
	Bario, ppm	ASTM D6595	0
<b>OTROS METALES</b>			
	Titanio, ppm	ASTM D6595	0
	Molibdeno, ppm	ASTM D6595	0
	Manganeso, ppm	ASTM D6595	1

**COMENTARIOS**

Desgaste de cobre en alerta. Revisar las condiciones de operación e identificar las condiciones que pueden haber contribuido al estado del lubricante. Continuar monitoreando.

Servicio Técnico Laboratorio

---

Resultado cliente: el propósito de este análisis es únicamente para detectar algunas anomalías, contaminación, condición del lubricante y determinar tendencias.No debe utilizarse como garantía expresa que no ocurrirá una falla en el equipo o en uno de sus componentes.

ANEXO "B" PROPUESTA SE SERVICIO DE TERCERO.



Callao, 09 de Abril del 2015

Señores: **OPPFILM Perú**

Atn. : Cesar Cruz

De nuestra consideración,

Tenemos el agrado de dirigirnos a ustedes para presentarles al Laboratorio de ISOPETROL LUBRICANTS DEL PERU SAC, empresa con más de 22 años brindando servicios de calidad en el mercado contando con una selecta cartera de clientes a nivel nacional.

Nuestros servicios constan de un programa de análisis que incluye equipos de última tecnología, los cuales están diseñados para observar los indicadores críticos del aceite en servicio. El resultado de los análisis será de su conocimiento comunicándoles mediante un informe y en caso necesario en tiempo real vía E-mail o teléfono respecto de cualquier situación anormal para que puedan tomar inmediatamente las acciones correctivas.

Cabe indicar que en nuestros análisis se comprueban las características tanto físicas como químicas del aceite, con base en las especificaciones de los mayores fabricantes de equipos y en normas internacionales, brindando la información que usted necesita, para comprender mejor el estado de los lubricantes y a través de estos ,al de sus equipos.

Ponemos a su disposición resultados confiables, reproducibles y con un tiempo de respuesta de acuerdo a los compromisos establecidos, así como la absoluta confidencialidad de la información.

A continuación, le brindamos la información de nuestros tipos de análisis.

<b>Aceite de transmisión (Caja/Corona) servicio automotriz Costo \$18</b>		
	<b>Análisis</b>	<b>Método</b>
<b>IPO 4</b>	TIPO 3	Todos los análisis
	<b>Número Acido Total (TAN)**</b>	<b>ASTM D-0664</b>

<b>Aceite de transmisiones industriales Costo \$18</b>		<b>Costo</b>
	<b>Análisis</b>	<b>Método</b>
<b>IPO 7</b>	Viscosidad a 40°C, cSt	ASTM D-0445
	Contenido de oxidación, A/cm	ASTM E-2412
	Contenido de	ASTM E-2412

	agua,%	
	Métales, ppm*	ASTM D-6595

<b>Aceite de transmisiones industriales</b>		<b>Costo</b>
<b>\$18</b>		
	<b>Análisis</b>	<b>Método</b>
	TIPO 7	Todos los análisis
<b>IPO 8</b>	<b>Número Acido</b>	
	<b>Total (TAN)**</b>	<b>ASTM D-0664</b>

**\*Métales (Se reportan hasta 22 Metales) Incluye metales de desgaste, aditivos y contaminantes**

**\*\* son métodos normalizados y aprobados no son métodos cualitativos de aproximación**

**Resultados:**

Los resultados de los análisis serán enviados al correo electrónico que indiquen, asimismo, pueden visualizarse en nuestro link a través de un usuario y contraseña. Aviso automático vía correo electrónico cuando estén los resultados, a la persona que ustedes designen, para que puedan visualizar su información en la Web.

El tiempo de respuesta de los análisis: Regularmente 24 horas con un máximo de 48 horas, después de recibida las muestras en nuestro Laboratorio.

**Envío de muestras:**

Las muestras de los aceites para el análisis, deben llegar a Calle Carlos Concha 313 Callao (referencia: costado de la Base Naval, altura de la cuadra 5 de la Av. Contralmirante Mora).

El Horario de atención del Laboratorio es el siguiente:

- Lunes a Viernes de 8:00am a 5:30pm. Teléfono directo LABORATORIO: 413-4071,

**Forma de Pago:**

La forma de pago es contado mediante transferencia bancaria a cualquier de nuestras cuentas bancarias.

<b>Banco</b>	<b>No. Cta. Cte. En Dólares</b>
Banco de Crédito del Perú (***)	193-1478290-1-31
BBVA Banco Continental	0011-0307-0100005572
Scotiabank	000-3555677

(\*\*\*) Para pagos en ventanilla del Banco de Crédito, favor solicitar previamente una clave de abono al Centro de Servicio al Cliente Teléfono (230-3300 anexo 207 ), Luego de la confirmación del pago, adjuntar voucher o depósito y enviarlo al correo del Centro de Servicio al cliente [CSC@isopetrol.com.pe](mailto:CSC@isopetrol.com.pe) o [ltrujillo@isopetrol.com.pe](mailto:ltrujillo@isopetrol.com.pe)

Para comunicaciones o coordinaciones sobre los análisis, contactarse con:

LABORATORIO: David Poma (413-4071).

Para facturación del servicio de análisis, contactarse con:

Servicio al Cliente: Liz Trujillo (230-3300 anexo 207),

De ser favorecidos con los servicios requeridos, agradeceremos nos proporcionen sus datos como Razón Social, RUC y dirección legal para su facturación.

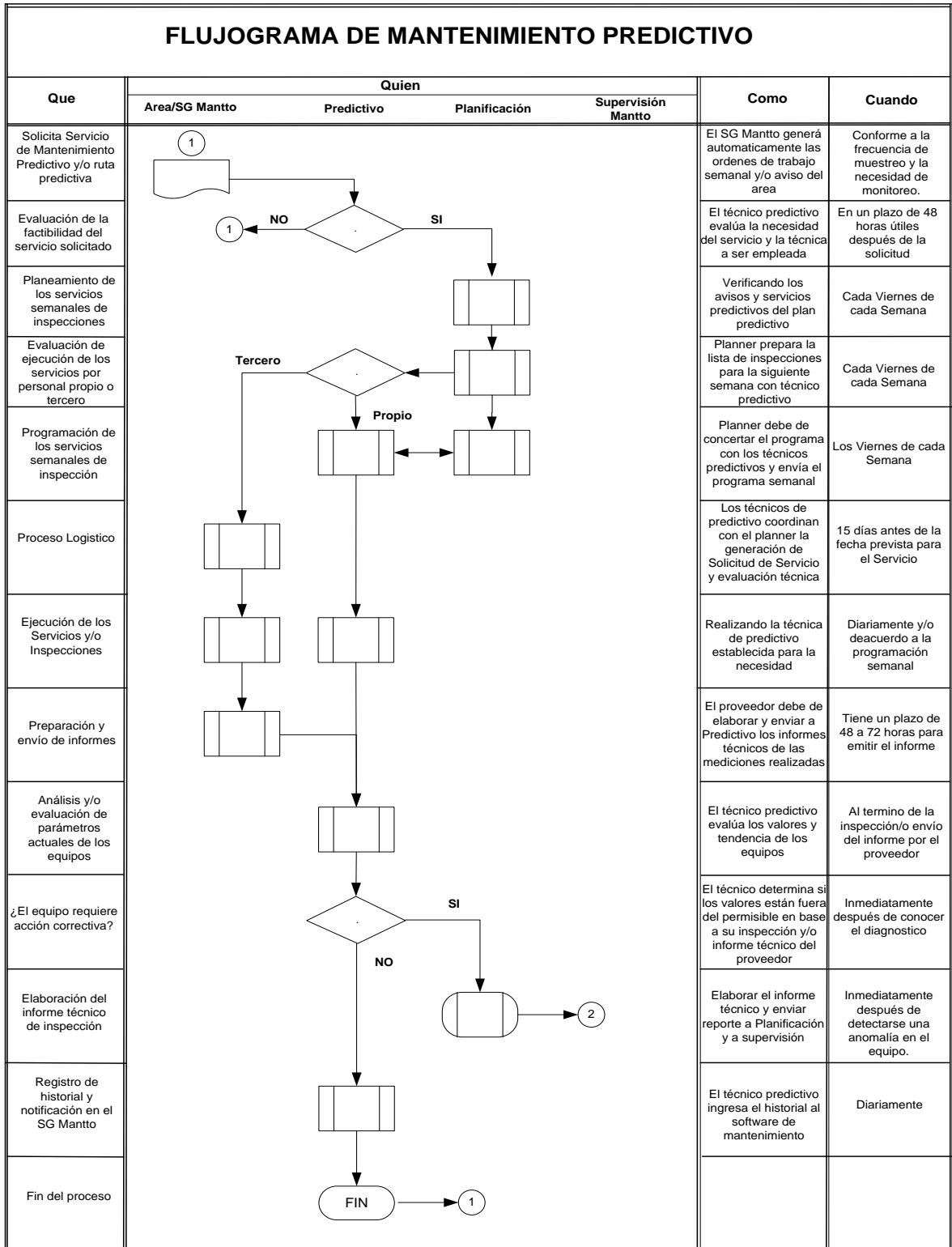
Sin otro particular, nos encontramos a su disposición para cualquier consulta.

Atentamente,

**Isopetrol Lubricants del Perú SAC**

**Laboratorio de  
Monitoreo de aceites**

ANEXO "C"



## ANEXO "D"

### INSTALACIONES DEL LABORATORIO DE ISOPETROL

