

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

**“DISEÑO DE UN LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ACEITES
LUBRICANTES EN LA ESPOL PARA SUSTENTAR
PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Alejandro Javier Mideros Romero

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2013

AGRADECIMIENTO

A mi padre Luis, por guiarme y brindarme su apoyo en el desarrollo de la presente tesis y a los Ing. Ernesto Martínez y Wilfredo Lorenzo, por su invaluable dirección y enseñanzas.

DEDICATORIA

MI MADRE AURA

MI PADRE LUIS

MIS HERMANOS:

ANDRES Y FERNANDA

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Dr. Kléber Barcia V. PhD.
DECANO DE LA FIMCP

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Gonzalo Zabala O.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Alejandro Javier Mideros Romero

RESUMEN

En este estudio se realizó el diseño de un laboratorio para análisis de aceites lubricantes, para impulsar y sustentar los programas de mantenimiento mecánico predictivo que llevan adelante las empresas industriales del país, además se propuso su implementación en la FIMCP.

El trabajo inicia describiendo los aspectos importantes de la Tribología, la ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación. Se continua con el estudio exhaustivo de los aceites lubricantes: su origen, su clasificación, sus componentes, las funciones que realizan los parámetros físicos y químicos que los describen y diferencian, así como la manera en que se modifican y deterioran sus características durante su vida útil. Se determinó con claridad que los aceites lubricantes acumulan en sí mismos valiosa información sobre el estado de los componentes mecánicos y los equipos en los cuales trabajan.

Seguidamente se presentó el mantenimiento mecánico como una disciplina que ha evolucionado con el desarrollo tecnológico de las últimas décadas. Se determinó que una herramienta clave que utiliza el mantenimiento predictivo es el análisis de laboratorio de los aceites lubricantes durante y al final de su

vida útil. La interpretación adecuada de la información que suministran los aceites permite diagnosticar el estado de los equipos y sus componentes, con el fin de programar acciones de mantenimiento oportunas para salvaguardarlos.

Seguidamente se partió de un estudio para determinar la demanda del laboratorios de lubricantes en el país, se demostró que existe el espacio para un laboratorio que oferte con alto nivel técnico el servicio de análisis de aceites lubricantes, y se justificó que el sitio idóneo para su instalación es la ESPO. A continuación se realizó el diseño del laboratorio, determinándose el área física, las instalaciones requeridas y la selección y disposición de los equipos e instrumentos a utilizarse. Se incluyó también una descripción de los métodos normalizados ISO y ASTM para el manejo de las muestras y la medición de parámetros. Además se describieron los pasos a seguirse para certificar el laboratorio bajo normas de calidad ISO/IEC 17025.

Se detalló finalmente, la inversión requerida, y la evaluación y manejo de los riesgos ambientales.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	I
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURA Y SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. TRIBOLOGIA. ASPECTOS GENERALES.....	3
1.1. Fricción.....	5
1.1.1. Efectos de la Fricción	8
1.1.2. Tipos de Fricción	8
1.1.3. Formas de Reducir la Fricción.....	9
1.1.4. Fricción Seca y Fluida	10
1.2. Lubricación.....	11
1.2.1. Tipos de Películas Lubricante.....	12
1.2.1.1. Lubricación Fluida.....	13
1.2.1.2. Lubricación Límite.....	18
1.2.1.3. Lubricación Sólida.	19

1.3. Desgaste.....	20
--------------------	----

CAPÍTULO 2

2. ACEITES LUBRICANTES.....	31
2.1. Composición.....	32
2.1.1. Base lubricante.....	32
2.1.2. Aditivos.....	39
2.2. Parámetros físicos - químicos y su medición	44
2.2.1. Viscosidad	45
2.2.2. Índice de viscosidad	54
2.2.3. Punto de inflamación	55
2.2.4. Punto de fluidez.....	57
2.2.5. TBN	58
2.2.6. TAN	60
2.2.7. Cenizas sulfatadas	61
2.2.8. Peso específico	62
2.2.9. Demulsibilidad	63
2.2.10. Formación de espuma	64
2.2.11. Rigidez dieléctrica	65
2.3. Aplicaciones de aceites lubricantes.....	66
2.3.1. Elementos mecánicos a lubricarse	66
2.3.2. Otras funciones de los aceites lubricantes	79

2.3.3.	Métodos de aplicación.....	81
2.3.4.	Tipos de aceites según su aplicación.....	85
2.4.	Degradación y contaminación de aceites en uso y su medición .	110
2.4.1.	Oxidación y Nitración.....	111
2.4.2.	Contaminación.....	112
2.4.2.1.	Agua	115
2.4.2.2.	Dilución de combustible.....	120
2.4.2.3.	Carbón y hollín	121
2.4.2.4.	Sílice y metales de desgaste	123
2.4.2.5.	Otros contaminantes.....	128
2.4.3.	Variación de parámetros físicos y químicos	131

CAPÍTULO 3

3.	MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y ANÁLISIS DE ACEITES	134
3.1.	El mantenimiento mecánico. Aspectos generales	135
3.1.1.	Tipos de mantenimiento mecánico	136
3.1.2.	Herramientas del mantenimiento predictivo	140
3.1.2.1.	Medición de vibraciones	141
3.1.2.2.	Termografía	143
3.1.2.3.	Parámetros de condición.....	143
3.1.2.4.	Ultrasonido	144
3.1.2.5.	Análisis de aceites.....	146

3.2. Programa de mantenimiento predictivo basado en análisis de aceite.....	147
3.2.1. Consideraciones sobre tipos de equipos.....	148
3.2.2. Toma de muestras de aceite	153
3.2.3. Interpretación de los análisis de aceite.....	154

CAPÍTULO 4

4. ANALISIS DE OFERTA Y DEMANDA	163
4.1. Estudio de la oferta.....	165
4.2. Estudio de la demanda.....	169
4.2.1. Requerimientos actuales	170
4.2.2. Crecimiento.	172
4.3. Justificación del proyecto	173
4.3.1. Demanda insatisfecha análisis cualitativo y cuantitativo.	175
4.3.2. Ubicación: ESPOL.....	176

CAPÍTULO 5

5. DISEÑO DEL LABORATORIO	177
5.1. Descripción del laboratorio	177
5.1.1. Servicios a ofertarse.....	177
5.1.1.1. Empresas y organismos públicos	178
5.1.1.2. Docencia e investigación	181

5.1.2.	Dimensionamiento del laboratorio	183
5.2.	Selección de equipos	184
5.2.1.	Pruebas a realizarse.....	185
5.3.	Otras consideraciones para el diseño del laboratorio.....	208
5.3.1.	Normas de calidad y certificaciones para laboratorios	209
5.3.2.	Seguridad y prevención de accidentes	220
5.3.3.	Programa de calibración y mantenimiento de equipos	231
5.3.4.	Secuencias de pruebas y flujo de materiales	235
5.4.	Diseño del área del laboratorio.....	237
5.4.1.	Diseño del local	239
5.4.2.	Distribución de los equipos.....	241
5.4.3.	Ventilación	242
5.4.4.	Iluminación	245
5.4.5.	Diseño eléctrico	250

CAPÍTULO 6

6.	INVERSIÓN REQUERIDA.....	253
6.1.	Infraestructura	254
6.2.	Equipos de laboratorio.....	255
6.3.	Otros equipos y accesorios	256

CAPÍTULO 7

7. CONSIDERACIONES AMBIENTALES	258
7.1. Riegos ambientales y su manejo.....	258
7.1.1. Emisiones.....	259
7.1.2. Muestras de aceite	261
7.1.3. Reactivos químicos	261
7.1.4. Manejo de desechos	264
7.2. Contingencias ambientales y de seguridad.....	265
7.2.1. Derrames.....	265
7.2.2. Fuego y explosiones.....	265
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	267
APÉNDICES.	
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.	

ABREVIATURA Y SIMBOLOGÍA

F_s	Fuerza estática
μ_s	Coefficiente de fricción estática
F_k	Fuerza cinética
μ_k	Coefficiente de fricción cinética
N	Fuerza Normal
EHL	Lubricación elastohidrodinámica
GPa	Giga Pascal
MPa	Mega Pascal
μm	Micrómetro
D	Desgaste
A	Área
Lf	Trayectoria de la fricción
EP	Extrema Presión
ISO	Organización internacional para la estandarización (international Organization for Standardization)
PAO	Polialfaolefina
EC	Esfuerzo de corte
VC	velocidad de corte
v	velocidad
M	Viscosidad dinámica
H	espesor
F	fuerza
Dinas/ cm^2	Dinas por centímetros cuadrados
seg	Segundos
P	Poise
Pa	Pascal
St	Stokes
g	Gramos
cSt	Centistokes
$^{\circ}\text{F}$	Grados Fahrenheit

°C	Grados Celsius
ASTM	Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (American Society of Testing and Materials)
SI	Sistema inglés
mm ² /seg	milímetros cuadrados por segundo
SSU	Segundos Saybolt Universales
°E	Grados Euler
ρ	Densidad
η	Viscosidad cinemática
TBN	Número de base total
TAN	Número de ácido total
KOH	Hidróxido de potasio
API	Instituto americano de petróleo (American petroleum institute)
Kv/cm	kilo voltio por centímetro
AW	Antidesgaste
SAE	Sociedad de ingenieros automotores (Society of Automotive Engineers)
RBOT	Prueba de oxidación por bomba rotativa (Rotating Bomb Oxidation Test)
FTIR	Espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (Fourier transform infrared spectrometry)
Gal	Galones
Hz	Hertz
Amp.	Amperios
Lbs.	Libras
Kg	Kilogramos
Ppm	Partes por millón
Gpm	Galones por minuto
Psi	libras por pulgadas cuadradas
JOAP	Joint Oil Analysis Program
DIN	Instituto alemán de normalización (Deutsches Institut für Normung)
OHSAS	Sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional (Occupational Health and Safety Assessment)
S&SO	Seguridad y salud ocupacional
L	Longitud
W	Ancho
H	altura
V	voltaje
AC	Corriente alterna
Al	Aluminio
Cd	Cadmio
Cr	Cromo
Cu	Cobre

Fe	Hierro
Pb	Plomo
Mg	Magnesio
Mn	Manganeso
Mo	Molibdeno
Ni	Niquel
Ag	Plata
Sn	Estaño
Ti	Titanio
Zn	Zinc
B	Boro
Ca	Calcio
P	Fósforo
Si	Silicio
ACE	Compensación de errores automático
EPP	Equipo de protección personal
ACH	Cambios de aire por hora
I_m	Lumines
E_m	Iluminación media
F_m	Factor de mantenimiento
F_u	Factor de utilización
ΦT	Flujo laminoso total

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1.1 Relación de fuerza de fricción	7
FIGURA 1.2 Cojinete de lubricación hidrodinámica	16
FIGURA 2.1 Concepto de viscosidad dinámica	47
FIGURA 2.2 Correlación de escalas de medida de viscosidad....	52
FIGURA 2.3 TBN en función del contenido de azufre en el combustible ...	59
FIGURA 2.4 Orificio y ranura de entrada de aceite en cojinetes	68
FIGURA 2.5 Partes de un rodamiento	69
FIGURA 2.6 Tipos de engranajes	73
FIGURA 2.7 Conteo de partículas ISO 4406:1999	115
FIGURA 2.8 Equipo de agua por destilación	119
FIGURA 3.1 Tipo de mantenimiento vs tiempo de falla	137
FIGURA 3.2 Mantenimiento Proactivo	140
FIGURA 5.1 Ciclos para empresas y organismos públicos	180
FIGURA 5.2 Ciclo para docencia e investigación	183
FIGURA 5.3 Colorímetro	187
FIGURA 5.4 Escala de color ASTM D 1500.....	188
FIGURA 5.5 Espectrómetro de emisión atómica.....	189
FIGURA 5.6 Espectrómetro FTIR.....	192
FIGURA 5.7 Copa abierta de Cleveland.....	194
FIGURA 5.8 Medidor de espuma	196
FIGURA 5.9 Medidor de demulsibilidad	199
FIGURA 5.10 Titulador Karl Fisher	201
FIGURA 5.11 Viscosímetro	205
FIGURA 5.12 Contador de partículas	207
FIGURA 5.13 Cuadro de separación de materiales peligrosos	231
FIGURA 5.14 Cargas térmicas obtenidas del Carrier	244

INDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1	Clasificación API bases lubricantes.....37
TABLA 2	Tipos de bases sintéticas y su aplicación.....38
TABLA 3	Parámetros que afectan el punto de inflamación.....56
TABLA 4	Variación de parámetros físicos y químicos.....132
TABLA 5	Análisis recomendado para equipos.....149
TABLA 6	Índice condenatorio en función de la condición del lubricante.156
TABLA 7	Origen de metales de desgaste en diversos equipos.....158
TABLA 8	Dimensionamiento del laboratorio en el país.....165
TABLA 9	Dimensionamiento del laboratorio Caterpillar.....167
TABLA 10	Dimensionamiento de laboratorios privados.168
TABLA 11	Estudio de mercado industrial de lubricantes.....171
TABLA 12	Análisis proyectado para el laboratorio.....176
TABLA 13	Pruebas propuestas por el laboratorio.....185
TABLA 14	Intensidad de uso de los equipos.....186
TABLA 15	Rango de medición FTIR.....193
TABLA 16	Sistema de familias químicas.....230
TABLA 17	Área de equipos.....239
TABLA 18	Factores de reflexión.....247
TABLA 19	Factores de utilización.....248
TABLA 20	Cálculo de planilla de circuito derivadoAnexoB
TABLA 21	Inversión requerida para infraestructura de laboratorio.....254
TABLA 22	Inversión requerida para equipos e instrumentos.....255
TABLA 23	Inversión requerida para otros equipos y accesorios.....256
TABLA 24	Inversión total.....257
TABLA 25	Límite de emisión de gases.....260

INDICE DE PLANOS

[1/4]	Diseño de laboratorio
[2/4]	Distribución de los equipos de laboratorio
[3/4]	Distribución de iluminación de laboratorio
[4/4]	Plano eléctrico de laboratorio

INTRODUCCIÓN

La industria ecuatoriana tiene aún niveles incipientes de aplicación de programas y prácticas de mantenimiento predictivo. En la competitiva industria moderna, los costos de repuestos, mano de obra, energía, lubricantes, y paradas no programadas, son una preocupación importante, cuyo control demanda programas de mantenimiento bien administrados y basados en herramientas tecnológicas modernas. El mantenimiento predictivo se ha establecido como una estrategia efectiva de mejora de la productividad, y uno de sus componentes más importantes es la información que proviene del análisis de laboratorio.

El desarrollo de la instrumentación para el análisis físico y químico permite actualmente, gracias a la incorporación de tecnologías como la Espectrometría de Emisión Atómica, la Espectrometría Infrarroja, el conteo

de partículas sólidas en los fluidos y la ferrografía, obtener valiosa información de los aceites lubricantes usados.

Es evidente la necesidad en nuestro medio de un laboratorio certificado y acreditado, al servicio de la industria en general, que oferte análisis de aceites usados de alto nivel tecnológico. Se ha hecho el diseño de un laboratorio de este tipo y se propone su implementación en la ESPOL, que se convertiría con él en un centro de difusión y soporte de los programas de mantenimiento predictivo en la industria del país.

CAPITULO 1

1. TRIBOLOGIA. ASPECTOS GENERALES

La tribología es la ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación, entre dos superficies sólidas en contacto y movimiento relativo una respecto a otra.

La fricción es la resistencia al movimiento por efecto del contacto entre dos superficies; el desgaste es la alteración con pérdida de material de las superficies, por efecto de la fricción y el movimiento; y la lubricación es la acción que realiza una sustancia lubricante intercalada entre las dos superficies con el fin de disminuir la fricción y el desgaste.

La palabra Tribología se deriva del término griego tribos, cuyo significado es “frotamiento o rozamiento”, por lo que etimológicamente, tribología es “la ciencia del rozamiento”.

Antes del nacimiento de la tribología como ciencia, se pensaba en el término “lubricación” separadamente. No se habían generalizado la disminución de la fricción y el desgaste como prácticas cotidianas. Con la tribología como ciencia se profundiza en el estudio conjunto y sistemático de la **fricción** entre dos cuerpos en movimiento, del **desgaste** como efecto natural de este fenómeno y de la **lubricación** como un medio para prevenir y atenuar fricción y desgaste, mediante mejores diseños, mejores prácticas y mejores sustancias lubricantes.

Hasta mediados del siglo XIX los aceites utilizados como lubricantes eran de origen animal o vegetal, y tenían grandes limitaciones. Pero a partir del hallazgo de petróleo en Estados Unidos, y con la invención de su destilación al vacío, se descubrió que los aceites destilados eran mejores lubricantes que cualquiera de las grasas animales utilizadas hasta entonces, lo cual dio origen a la moderna tecnología de refinamiento de aceites a partir de hidrocarburos. En la segunda mitad del siglo XX aparecen comercialmente los aceites sintéticos, diseñados y fabricados específicamente para resaltar las propiedades deseables en los lubricantes.

1.1. Fricción

Se define como la resistencia al movimiento relativo entre dos cuerpos en contacto. Al frotar un cuerpo contra otro, debe vencerse una resistencia. A esta fuerza que se opone al deslizamiento se le conoce como fricción.

Esto se da debido a que ninguna superficie metálica es completamente lisa, aún superficies con buen acabado superficial presentan rugosidades cuando se examinan en un microscopio. Las diminutas protuberancias en una superficie interfieren el movimiento relativo de dos cuerpos cuando rozan entre sí dando origen a la fricción al tratar de entrelazarse y agarrarse.

La fricción no solo es considerada desde el punto de vista negativo por los efectos de pérdida de energía y desgaste. También produce efectos positivos, sin fricción no sería posible caminar y gracias a ella funcionan elementos que aprovechamos, como el freno del automóvil, la piedra de esmeril, los embragues, entre otros.

Uno de los problemas de los ingenieros es el control de la fricción: incrementándola donde se requiere (frenos) y reduciéndola donde no es conveniente (cojinetes).

En muchos elementos mecánicos se considera la fricción como indeseable porque requiere el deslizamiento de una superficie contra otra. Para vencer la fricción se realiza trabajo y la energía gastada se convierte en calor.

Las consecuencias finales de este fenómeno son la pérdida de potencia y eficiencia, la producción de calor que debe ser disipado y el desgaste que conlleva el deterioro de las piezas y equipos.

La fricción es conceptualizada tradicionalmente en la forma de un bloque sobre una superficie horizontal. Se aplica una fuerza al bloque que tiende a moverlo a lo largo de la superficie. Además de la fuerza horizontal, también existe una fuerza normal entre el bloque y la superficie, que es la resultante del peso del bloque. En la figura 1.1 se muestra la relación entre la fuerza que se aplica y la fuerza de fricción. Conforme se incrementa gradualmente la fuerza horizontal desde un valor bajo, no hay movimiento del bloque por la fricción entre las dos superficies. Finalmente, esta fuerza (F_S) alcanza un cierto valor que vence la fricción y el bloque comienza a deslizarse. Esto determina el coeficiente de fricción estática (μ_s), definida por la ecuación:

$$\mu_s = \frac{F_S}{N}$$

Una vez que el bloque está en movimiento es necesario de la fuerza cinética (F_k). En la mayoría de las situaciones mecánicas, la fuerza cinética se aproxima al 75% de la fuerza estática, pero esto depende de los materiales involucrados. El coeficiente de fricción cinética (μ_k) se puede calcular:

$$\mu_k = \frac{F_k}{N}$$

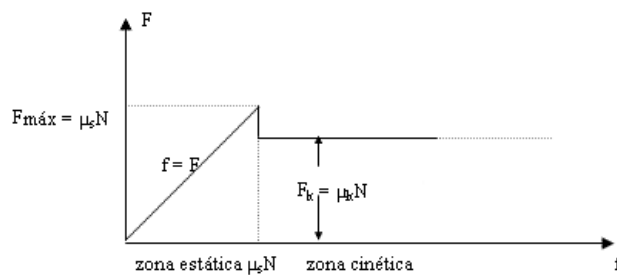


Figura 1.1 Relación de fuerza de fricción [2]

Existen varias teorías que explican la fricción la más aceptada es la teoría de la adhesión, la cual sostiene que dos superficies deslizantes (no lubricadas) están en contacto una con la otra solo en una pequeña fracción del área aparente entre ellas. Cada superficie se caracteriza por rugosidades microscópicas que hacen contacto con su opuesta sólo en ciertos puntos. Estos puntos comprenden el área real de contacto entre las dos superficies. A causa de que el área real soporta la carga normal, los esfuerzos involucrados en estos puntos de contacto son muy altos y conducen a deformaciones plásticas y adhesión en algunos casos. La adhesión ocurre

solamente en los puntos donde los esfuerzos son muy altos y hay un contacto físico muy estrecho. También depende del material en contacto y su condición (que tan limpia y seca está la superficie).

1.1.1. Efectos de la fricción.

El efecto más directo producido por la fricción es la disminución del rendimiento energético, a mayor resistencia al movimiento, mayor desperdicio de energía. Los efectos indirectos de la fricción excesiva son aun más graves. La fricción genera calor y en caso de no poder disiparlo rápidamente, el aumento de temperatura puede destruir las superficies móviles y la maquinaria.

1.1.2. Tipos de fricción.

- Fricción externa: Se da entre cuerpos diferentes.
- Fricción interna: Se genera entre partículas o moléculas de un mismo cuerpo.

Tipos de fricción externa

- Dependiendo del movimiento relativo:
 - Fricción de deslizamiento: Se presenta durante el movimiento relativo tangencial de los elementos sólidos en un sistema tribológico.

- Fricción de rodamiento: Se presenta durante el movimiento relativo de rodadura entre los elementos sólidos de un sistema tribológico.
- Fricción de rotación: Se presenta durante el movimiento relativo de rotación entre los elementos sólidos de un sistema tribológico.
- Dependiendo de las condiciones de contacto:
 - Fricción estática: Pérdida de energía mecánica al inicio y al final del movimiento relativo tangencial entre dos zonas materiales en contacto.
 - Fricción móvil: Pérdida de energía mecánica durante el movimiento relativo de zonas materiales en contacto.
 - Fricción de choque: Pérdida de energía mecánica al inicio y al final del movimiento relativo normal (perpendicular) entre zonas materiales en contacto.

1.1.3. Formas de reducir la fricción.

Las fuerzas de fricción pueden ser disminuidas por los siguientes factores:

- La carga: influye en forma directamente proporcional a la fricción. Sin embargo, es parte de todo mecanismo y en la mayoría de los casos es difícil modificar.

- Naturaleza de los materiales: dependiendo de su naturaleza química, los cuerpos pueden presentar mayor o menor fricción.
- El acabado de las superficies: los coeficientes de fricción son mayores cuando las superficies son rugosas que cuando son pulidas.
- Forma de los cuerpos: la fricción por rodamiento es menor que la fricción por deslizamiento. Los cuerpos esféricos o cilíndricos, por lo tanto, ocasionan menor fricción.
- La lubricación utilizada

1.1.4. Fricción seca y fluida

Fricción seca

Se presenta por deslizamiento o por rodadura cuando un objeto sólido seco, es movido tangencialmente con respecto a otra superficie o cuando rueda a través de una superficie seca.

Fricción fluida

Es la resistencia al movimiento que ofrece un fluido interpuesto entre dos superficies con movimiento relativo, debido al rozamiento entre sus capas moleculares.

1.2. Lubricación.

Los costosísimos y complicados equipos industriales que se requiere en la industria moderna no podrían funcionar, ni siquiera unos minutos, sin el beneficio de una correcta lubricación. El costo de ésta resulta insignificante comparado con el valor de los equipos a los que brinda protección. La utilización del lubricante correcto en la forma y cantidad adecuada ofrece entre otros los siguientes beneficios.

- Reduce el desgaste de las piezas en movimiento.
- Menor costo de mantenimiento de la máquina.
- Ahorro de energía.
- Facilita el movimiento.
- Reduce el ruido.
- Mantiene la producción.

El motivo fundamental de la lubricación es porque cuando dos superficies en contacto se mueven una respecto a la otra, se produce fricción, calor y desgaste, en mayor o menor grado, dependiendo de la carga de trabajo, de los materiales, de la velocidad, el tipo de movimiento y del grado de pulimiento de las superficies. La lubricación consiste en intercalar entre las superficies en movimiento una capa de sustancia lubricante con el fin de reducir la fricción, eliminar el sobrecalentamiento y evitar el desgaste.

Los lubricantes cumplen funciones adicionales en sistemas y máquinas específicos, mantienen limpio los motores y sistemas de circulación, contribuyen al efecto de sellado entre pistones y cilindros, transmiten potencia en los sistemas hidráulicos, protegen las partes metálicas contra la herrumbre y corrosión.

1.2.1. Tipos de películas lubricante.

El tipo de lubricación en cada sistema depende de la relación entre los componentes en movimiento. Existen varios tipos de lubricación los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- Lubricación fluida: la película lubricante tiene un espesor suficiente para que durante una operación normal mantenga completamente separada las dos superficies en movimiento relativo.
- Lubricación Límite: la capa o película lubricante no es lo suficientemente gruesa para mantener separadas todo el tiempo las dos superficies.
- Lubricación Sólida: El lubricante está adherido permanentemente en las superficies en movimiento.

Para saber qué tipo de lubricación ocurre en cada caso, necesitamos saber la presión entre los componentes a ser lubricados, la velocidad relativa entre los componentes, la viscosidad del lubricante y otros factores.

1.2.1.1. Lubricación fluida.

La lubricación fluida en una máquina es la forma más deseable de lubricación. La película lubricante tiene el suficiente espesor para separar completamente las superficies de carga. La fricción es prácticamente mínima, siendo esta solo debida a la fricción interna dentro de la película lubricante, y el desgaste es mínimo ya que no hay esencialmente ningún contacto directo entre las superficies. La lubricación fluida se forma de tres maneras:

- *“Película Hidrostática está formada por bombeo de fluido a presión entre las superficies, que pueden o no desplazarse una con respecto a la otra”. [1]*
- *“Película hidrodinámica está formado por el movimiento de las superficies lubricadas a través de una zona convergente tal que se desarrolla una presión suficiente para mantener la separación de las superficies”. [1]*
- *“Película elasto-hidrodinámica es una forma de lubricación hidrodinámica, donde la deformación elástica de las superficies lubricadas resulta significativa”. [1]*

Lubricación Hidrostática

En la lubricación hidrostática la capa de lubricante se garantiza gracias al suministro de un fluido a presión en la zona de contacto. Será esa presión exterior la encargada de mantener la separación de los dos cuerpos.

Es muy apropiada para velocidades relativas de deslizamiento bajas o incluso para los momentos de arranque en las diferentes máquinas o mecanismos. El nivel de rozamiento es muy bajo en este régimen de lubricación.

Una aplicación muy importante de este régimen de lubricación, es en el arranque de máquinas con ejes pesados. Para que se forme la capa de aceite en régimen hidrodinámico, el eje tiene que tener una velocidad mínima. Si se arranca desde parado, se utiliza la lubricación hidrostática al principio hasta que se alcanza la velocidad suficiente. Una vez alcanzada la velocidad necesaria, se genera la cuña hidrodinámica que es capaz por si misma de mantener la película de aceite.

El principio se utiliza en cojinetes lisos y planos de diversos tipos en los que ofrece ventajas tales como una pequeña fricción a velocidades muy bajas, o cuando no hay movimiento relativo.

Lubricación Hidrodinámica

La lubricación hidrodinámica se caracteriza en superficies concordantes por la presencia de una película fluida de lubricante. Este tipo de películas son suficientemente gruesas, de manera que se previene que las superficies sólidas opuestas entren en contacto. La lubricación hidrodinámica se genera cuando al girar el eje arrastra al aceite creando zonas de sobrepresión y de depresión. Llegado un determinado momento, se crea una cuña hidrodinámica a presión que mantiene separados los dos cuerpos sin ningún aporte de presión exterior. Con frecuencia se la llama la forma ideal de lubricación, porque proporciona baja fricción y casi ningún desgaste.

La formación de la cuña hidrodinámica depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- Viscosidad del lubricante.
- Velocidad del movimiento relativo entre los elementos.
- Holgura radial entre los dos elementos.
- Carga radial del eje.

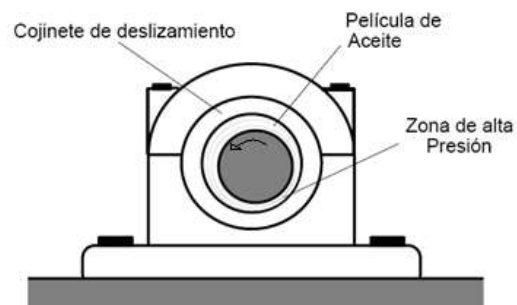


Figura 1.2. Cojinete a lubricación hidrodinámica [1]

Como se puede observar en la figura 1.2 el movimiento del eje bombea lubricante hacia la zona de carga, la presión del fluido levanta el eje, y lo ubica fuera del centro, ligeramente hacia la derecha, la cual será su posición normal de operación cuando la rotación es en la dirección indicada.

Película elastohidrodinámica

Esta película lubricante surge por el efecto de reducir la pérdida de potencia por baja viscosidad al mismo tiempo que se reduce la fricción por baja velocidad.

Normalmente la lubricación elastohidrodinámica (denominada EHL por sus siglas en inglés) se asocia con superficies no concordantes y con la lubricación por película fluida. Existen dos formas de EHL.

La EHL dura, se relaciona con materiales de módulo de elasticidad alto, como los metales. Es común que la presión máxima esté entre 0.5 y 4 GPa y el espesor mínimo de la película excede 0.1 μm . Las deformaciones elásticas de los elementos de máquinas no concordantes debido a cargas normales son dos órdenes de magnitud mayores que el espesor mínimo de la película. Entre las aplicaciones de ingeniería en las cuales es importante la lubricación EHL para materiales de módulos de elasticidad alto, se incluyen los engranajes, los cojinetes, rodamientos y las levas.

La EHL suave, se relaciona con los materiales de módulos de elasticidad bajos, como el caucho. En ésta las distorsiones elásticas son grandes, aun con cargas ligeras. Para una EHL suave la presión máxima es de 0.5 y 4 MPa. Esta presión baja tiene un

efecto insignificante sobre la variación de la viscosidad en la conjunción. El espesor mínimo de la película es una función de los mismos parámetros que en la lubricación hidrodinámica, con la adición del módulo de elasticidad efectivo.

Para la EHL suave el espesor mínimo de la película en general es 1 μm . Entre las aplicaciones de la ingeniería para materiales de módulos de elasticidad bajos en las cuales resulta importante la lubricación EHL se incluyen las llantas por ejemplo.

1.2.1.2. Lubricación Límite.

Puede pasarse de lubricación hidrodinámica a límite por algunos factores como cargas muy altas, la cantidad de lubricante muy pequeña, disminución en la velocidad de las superficies móviles o una elevación de la temperatura del lubricante que resulte de una disminución en la viscosidad, cualquiera de estas condiciones puede impedir la formación de la película de lubricante suficientemente gruesa que permita tener la lubricación completa cuando esto ocurre, las asperezas de mayor altura quedan

separadas por películas de lubricante de pequeño espesor que puede llegar a tener entre 200 a 500 μm . La película de lubricante es tan fina que existe un contacto parcial metal-metal. En este tipo de lubricación más que la viscosidad del lubricante es importante la untuosidad, definida como la capacidad de formar películas resistentes sobre el metal. Al proyectar un cojinete hidrodinámico hay que tener en cuenta que en el arranque puede funcionar en condiciones de lubricación límite.

1.2.1.3. Lubricación Sólida.

En muchas aplicaciones los aceites y las grasas no pueden ser usadas, por dificultad de aplicación, problemas de sellado o por otros factores como condiciones ambientales. Por lo que se han desarrollado películas lubricante que se unen permanente para reducir la fricción y desgaste en aplicaciones de este tipo.

El tipo más simple de la película de lubricante sólido se forma cuando un lubricante sólido, tal como el disulfuro de molibdeno o el grafito, se suspende en un

portador líquido tal como un aceite lubricante normal o un disolvente volátil, ó una grasa, o cualquiera de varios otros tipos de materiales. Después de que el portador es expulsado o se evapora, una capa de lubricante sólido se mantiene adherida a las superficies para lubricarlas.

1.3. Desgaste.

Es consecuencia directa del rozamiento entre dos cuerpos, y se define como el deterioro sufrido en las superficies en contacto a causa de la intensidad de la interacción de sus rugosidades superficiales. El desgaste puede llegar a ser crítico, haciendo que las piezas de una máquina pierdan sus tolerancias y queden inservibles, causando costosos daños y elevadas pérdidas de producción.

Proceso de desgaste

El comportamiento del desgaste de los materiales es un fenómeno muy complejo. El material de una superficie sólida puede ser removido por tres mecanismos: fusión, disolución química o separación física de fragmentos; que finalmente, causan un daño significativo a la superficie.

La magnitud del desgaste por lo general es valorada por la disminución en el volumen del cuerpo en una dirección perpendicular

a la superficie de deslizamiento. Una de sus representaciones es la basada en función del tiempo de operación, que puede identificar tres etapas del proceso:

- Etapa de asentamiento: es una etapa de no equilibrio que representa una pequeña porción del tiempo total de operación de las superficies deslizantes. Se caracteriza por una exponencial del régimen de desgaste dD/dLf (donde D es el desgaste y Lf es la trayectoria de la fricción) que disminuye con el tiempo.

- Etapa de proceso: esta etapa, se caracteriza por durar un periodo temporal más largo. Se caracteriza por valores constantes en el régimen de desgaste, por lo que sigue una función lineal ($dD/dLf =$ constante).

- Etapa de desgaste catastrófico: se caracteriza por un régimen de desgaste en incremento continuo. El desgaste tiene lugar en partes de las superficies donde hay una fuerte interacción entre los cuerpos en movimiento (en los enlaces de las asperezas), que al sumarse dan como resultado el área real de contacto entre los dos cuerpos.

Tipos de desgaste.

Las superficies de los mecanismos lubricados de una máquina se pueden desgastar por causas que consiguen ser intrínsecas al tipo de lubricante utilizado, a su tiempo de servicio, a contaminantes presentes en el aceite, a fallas intempestivas del sistema de

lubricación y sobrecargas debidas a problemas mecánicos u operacionales. Los tipos de desgaste más comunes en orden de importancia son: adhesivo, erosivo, abrasivo, corrosivo, cavitación, corrientes eléctricas y fatiga superficial.

Adhesivo

Es el más crítico ya que en la mayoría de los casos da lugar a la falla catastrófica del mecanismo lubricado quedando inservible y causando altas pérdidas en el proceso productivo. Se presenta como resultado del contacto metal-metal entre las superficies del mecanismo lubricado debido al adelgazamiento de la película lubricante en el caso de lubricación fluida ya sea por la presencia de contaminantes en el aceite (agua, gases, combustibles, etc.) o por un bajo: nivel de aceite, viscosidad ó presión en el sistema de lubricación, sin dejar de lado que un alto: nivel de aceite, viscosidad y presión también pueden dar lugar al desgaste adhesivo debido a que el exceso de fricción fluida en el aceite incrementa la temperatura de operación, haciendo que las superficies metálicas sometidas a fricción se dilaten y rocen, rompiendo en un momento dado la película límite. En la lubricación EHL el desgaste adhesivo se debe al rompimiento de la película límite formada por el aditivo EP (extrema presión) del lubricante utilizado. En el desgaste adhesivo las rugosidades de las superficies metálicas se sueldan al

no estar interpuesto un elemento tribológico que las separe; las crestas de las rugosidades aunque tengan la capacidad de deformarse elásticamente no lo pueden hacer debido a que están soldadas y al seguir actuando la carga transmitida por el mecanismo hace que se fracturen dando lugar al desprendimiento de partículas ó fragmentos metálicos de diferentes tamaños; la energía liberada incrementa la temperatura de operación haciendo que las superficies que se encuentran en contacto metal-metal se aproximen aún más conduciendo finalmente a que el mecanismo se agarrote y la máquina se detenga. Este tipo de desgaste en la mayoría de los elementos lubricados no se puede eliminar completamente, pero si se puede reducir considerablemente mediante la utilización de lubricantes que tengan óptimas propiedades. Cuando la lubricación es fluida el lubricante debe contar con aditivos anti desgaste que trabajen en el proceso de arrancada y parada de la máquina; y en lubricación EHL el lubricante debe contar con aditivos de EP. La única manera de evitar el desgaste adhesivo en el momento de la puesta en marcha de un equipo es cuando se utiliza la lubricación hidrostática, pero en la práctica sería imposible y antieconómico colocárselo a todas las máquinas. Si se eliminara el desgaste adhesivo en el arranque del equipo, la vida disponible de los mecanismos que lo constituyen sería mucho mayor que la esperada.

Erosivo

Es la pérdida lenta de material en las rugosidades de las dos superficies en movimiento relativo, como resultado del impacto de partículas sólidas ó metálicas en suspensión en el aceite que fluye a alta presión, y que tienen un tamaño mucho menor que el mínimo espesor de la película lubricante. Las partículas aunque sean de menor tamaño al entrar en la zona de alta presión no siguen un movimiento lineal sino que se desordenan chocando con las rugosidades, es posible que cuando empiezan a chocar no causen desgaste, pero si van fatigando las superficies hasta que finalmente dan lugar al desprendimiento de material; un desgaste erosivo lento siempre estará presente aunque el aceite circule a baja presión ya que ningún aceite es completamente limpio aun cuando cumpla con los estándares de limpieza de la Norma ISO 4406 de acuerdo con el tipo de mecanismo lubricado. El desgaste erosivo se puede presentar también, ya sea en lubricación fluida o EHL, como resultado del empleo de un aceite de una viscosidad mayor que la requerida debido a que el exceso de capas en la película lubricante “barren” la capa límite que se encuentra adherida a las superficies metálicas haciendo que dichas capas las desgasten por erosión. Cuando se tienen condiciones de flujo turbulento en la película lubricante se presenta el desgaste erosivo porque la película

lubricante se mueve con respecto a las rugosidades, esto se puede presentar como resultado de la utilización de aceites con bajos índices de viscosidad que hacen que la viscosidad del aceite se reduzca considerablemente a la temperatura de operación del equipo, más cuando ésta es alta o cuando se presentan elevados incrementos en la temperatura ambiente que hacen que las condiciones de flujo de la película lubricante cambien de laminar a turbulento como resultado del incremento en el Número Reynolds por encima de 2000.

Abrasivo

Es consecuencia de la presencia de partículas sólidas ó metálicas de un tamaño igual o mayor que el espesor mínimo de la película lubricante y de la misma o mayor dureza que la de las superficies metálicas del mecanismo lubricado, el desgaste es mayor en la superficie más blanda. Las partículas sólidas como el silicio dan lugar a un considerable desgaste abrasivo debido a la elevada dureza de este material. Cuando las partículas del mismo tamaño que el mínimo espesor de la película lubricante se encuentran entre las dos superficies “ruedan” removiendo la película límite y desprendiendo material de ambas superficies. Cuando son de mayor tamaño se fracturan dando lugar a partículas del mismo tamaño que el mínimo espesor de la película lubricante y de

un tamaño menor que propician el desgaste erosivo de dichas superficies metálicas o el abrasivo si la carga que actúa sobre el mecanismo se incrementa o la viscosidad del aceite se reduce. El desgaste abrasivo en un mecanismo se puede controlar filtrando el aceite de tal manera que se mantenga dentro del código de limpieza recomendado por la norma ISO 4406 de acuerdo con el tipo de mecanismo lubricado; no significando esto, ausencia de desgaste abrasivo en el mecanismo, sino que éste estará dentro de los valores máximos permisibles para alcanzar la vida proyectada por el fabricante.

Corrosivo o químico

Puede ser consecuencia del ataque químico de los ácidos débiles que se forman en el proceso de degradación normal del aceite, de la contaminación de éste con agua o con ácidos del medio ambiente, también de los ácidos fuertes producto de la descomposición del aceite cuando está sometido a altas temperaturas. En el primer caso el desgaste corrosivo es lento mientras que en el segundo es crítico, siendo por lo tanto la situación que más se debe controlar. Tanto los ácidos débiles como los fuertes dan lugar a la formación del perjudicial ácido sulfúrico. El desgaste corrosivo se puede evitar si el aceite se cambia dentro de los intervalos recomendados. El desgaste corrosivo se manifiesta inicialmente por un color

amarillento y luego rojizo de las superficies metálicas, seguido del desprendimiento de pequeñas partículas que cada vez aumentan su concentración hasta que finalmente causan el desgaste por erosión y por abrasión de las superficies sometidas a fricción. Por otro lado los pequeños cráteres que dejan las partículas que se desprenden, al unirse forman grietas que pueden producir finalmente la rotura de la pieza. El desgaste corrosivo cuando se presenta en los materiales ferrosos por la acción del agua se conoce con el nombre de herrumbre.

En los mecanismos que trabajan bajo cargas vibratorias continuas como es el caso de las zarandas se puede presentar un tipo de desgaste que se conoce como desgaste corrosivo por vibración que causa el desprendimiento de pequeñas partículas como resultado de la rotura de la película lubricante y de la presencia de humedad en el ambiente. El desgaste corrosivo por vibración se puede reducir considerablemente ó evitar si se utilizan lubricantes con aditivos de Extrema Presión, o con lubricantes sólidos en suspensión, como el grafito ó el bisulfuro de molibdeno.

Cavitación

Es el fenómeno que se presenta cuando las burbujas de vapor de agua que se forman en el aceite, al circular éste a través de una

región donde la presión es menor que su presión de vapor, “explotan” al llegar nuevamente a una región de mayor presión como resultado del cambio de estado de vapor a líquido. Si las burbujas “explotan” cerca de las superficies metálicas darán lugar a presiones localizadas muy altas que ocasionarán picaduras en dichas superficies. La Cavitación generalmente va acompañada de ruido y vibraciones. El desgaste por cavitación se puede evitar incrementando la presión en el sistema ó utilizando aceites con presiones de vapor bajas a altas temperaturas.

Corrientes eléctricas

El origen pueden ser corrientes parásitas u otras fuentes externas, que pasan a través de los componentes de un equipo lubricado y cuya toma a tierra está defectuosa o no la tiene, causando en ellos picaduras. Este puede ser el caso de los rodamientos de los motores eléctricos y de los cojinetes lisos de turbinas de vapor, gas, hidráulicas, generadores y compresores centrífugos.

Fatiga superficial

Es el único tipo de desgaste que no se puede evitar y el cual finalmente hace que el componente lubricado se tenga que cambiar. Se presenta como resultado de los esfuerzos cíclicos que genera la carga al actuar en el punto donde se forma la película lubricante que

en el caso de la lubricación fluida hace que las crestas de las rugosidades traten de aplastarse sin tocarse dando lugar a un ciclo de compresión y de tensión que termina deformando plásticamente las rugosidades causando su rotura, iniciándose de esta manera una grieta incipiente que da lugar a un incremento localizado del esfuerzo, que cada vez se hace más crítico por la falta de área, hasta que finalmente la velocidad de propagación es tan alta que ocasiona la fractura del componente. En el caso de la lubricación EHL, la fatiga de las rugosidades es más crítica, debido a que la deformación de estas que inicialmente es del tipo elástica termina por ser plástica causando la rotura de dichas rugosidades y por lo tanto el descascarillado de la superficie metálica y la propagación de grietas internas, que finalmente ocasionan la falla del componente por rotura. Entre mayor sea la temperatura de operación del elemento lubricado, el desgaste por fatiga superficial es más acelerado debido a la modificación que sufre la curva esfuerzo-deformación del material que hace que el punto de fluencia se corra hacia la izquierda y que por lo tanto para la misma condición de carga, el mecanismo quede trabajando en la zona plástica y no en la elástica. La falla por fatiga superficial se presenta de manera típica después de millones de ciclos de deformación elástica y se acelera cuando se tienen temperaturas de operación por encima de los

50°C, cuando se aplican esfuerzos de tensión y compresión que superan los del material del mecanismo, o cuando hay presencia de partículas sólidas de un tamaño igual al espesor de la película lubricante y que no se adhieren a ninguna de las superficies en movimiento; en este caso la partícula es atrapada instantáneamente entre las superficies y origina hendiduras en ellas debido a que las superficies se deforman de lado y lado de la partícula como consecuencia de la carga que soportan, iniciándose las grietas, las cuales se esparcen después de n ciclos de esfuerzos.

El desgaste por fatiga superficial aparece más rápido en los elementos que están sometidos a movimiento de rodadura que los sometidos por deslizamiento, debido a los mayores esfuerzos que soportan. Este es el caso de los rodamientos, los flancos de los dientes de los engranajes a la altura del diámetro de paso, y las superficies de las levas.

CAPITULO 2

2. ACEITES LUBRICANTES.

Como se ha revisado, un lubricante es la sustancia que se intercala entre dos superficies en contacto y movimiento relativo, con el fin de disminuir la fricción y el desgaste.

Los aceites lubricantes son el tipo de lubricante de uso más común. El termino aceite lubricante, es generalmente usado para nombrar toda clase de materiales lubricantes aplicados en estado líquido.

En menor grado y en casos especiales, se utiliza como lubricantes, sustancias gaseosas ó sólidas. Las grasas lubricantes son medios semisólidos que llevan aceite en su interior, y lo entregan a las superficies a lubricarse. Los lubricantes sólidos con frecuencia se aplican incorporándolos

en forma de suspensión en un aceite, desde donde se depositan y adhieren a las superficies a lubricarse.

2.1. Composición.

Los aceites lubricantes están conformados por un aceite base (también llamado base lubricante) y por sustancias adicionales llamadas aditivos. El aceite base determina las propiedades básicas del aceite lubricante, y puede ser de origen vegetal, mineral o sintético.

Los aditivos son sustancias que se añaden a las bases lubricantes para mejorar su desempeño. Según el tipo y aplicación del lubricante, los aditivos pueden constituir entre un 2 y un 30% de su volumen total.

2.1.1. Base lubricante.

El aceite base o base lubricante es el componente esencial del aceite lubricante, y define propiedades físico-químicas importantes, tales como la viscosidad, la demulsibilidad, el color, las características anti-desgaste, anti-espumante y anti oxidante, el índice de viscosidad, el punto de fluidez, el punto de inflamación, la biodegradabilidad y la toxicidad, entre otras. En condiciones normales de operación, y mientras ciertos aditivos realicen su función, la base lubricante no se deteriora,

aunque se llegue a contaminar con sustancias extrañas (agua, partículas metálicas, hollín, polvo). Pero en condiciones críticas de temperatura, carga y velocidad, y una vez que esos aditivos se agotan, la base lubricante empieza a degradarse, iniciándose el proceso que se conoce como oxidación, en el cual se forman lacas, barnices y gomas ácidas. Un adecuado control del aceite lubricante permitirá cambiarlo antes de que su deterioro químico y nivel de contaminación le hagan perder sus características benéficas.

Las bases lubricantes pueden ser minerales (derivadas del petróleo), sintéticas ó vegetales. La utilización de uno u otro tipo depende de las condiciones de operación y de los resultados deseados.

Las bases lubricantes minerales derivadas del petróleo son las de más amplio uso en la actualidad. Se agrupan en tres tipos que son: Parafínicas, Nafténicas y Aromáticas.

Parafínicas

Las parafínicas son bases saturadas que provienen de petróleos con cadenas hidrocarburíferas recta y ramificadas. Los crudos con este tipo de formación producen gasolinas de bajo octanaje, pero, excelentes kerosenos, aceites

combustibles y bases lubricantes. Algunas de sus características son:

- Resistencia a la oxidación.
- Alto punto de inflamación.
- Baja densidad.
- Alto punto de fluidez.
- Bajo poder disolvente.

Nafténicas

En general estas bases son de menor calidad que las parafínicas, pudiendo mejorarse por procesos especiales de refinación. Algunas de sus características son:

- Bajo punto de fluidez.
- Inestabilidad química.
- Bajo índice de viscosidad.
- Tendencia a la oxidación.

Aromáticas

Las bases aromáticas son cadenas no saturadas. Esta configuración las hace químicamente activas y tienen tendencia a la oxidación generando ácidos orgánicos. Algunas de sus características son:

- Elevada densidad.

- Inestabilidad química.
- Tendencia a la oxidación.
- Bajo punto de infamación.

Obtención de las bases

La manufactura de las bases lubricantes minerales implica una serie de pasos y procesos a través de los cuales se separan y sustraen diversos compuestos y sustancias presentes en el petróleo crudo. Entre los procesos principales tenemos, la destilación al vacío, des-asfaltado con propano, extracción furfural, des-parafinado e hidrogenación catalítica. También existen otros procesos alternativos que son: Extracción con solventes, terminado con arcilla, hidrotratamiento e hidrocraqueado.

- Destilación al vacío

En la destilación al vacío el petróleo, es separado en componentes de similar punto de ebullición. Las propiedades que son controladas por este proceso son viscosidad, punto de llama y residuos de carbón.

- Des asfaltado con propano

Mediante este proceso se logra retirar gran cantidad de resinas y asfaltos, empleando para el efecto el propano en

una proporción de 7 partes de propano por 1 de líquido a tratar.

- Extracción furfural

Es la encargada de separar los compuestos aromáticos de los no aromáticos mezclando en el proceso furfural con el aceite desasfaltado.

- Desparafinado

Este proceso se usa para remover la cera, reduciendo así el punto de fluidez.

- Hidrogenación catalítica

Consiste en un juego de catalizadores a través de los cuales se hace pasar aceite caliente e hidrógeno logrando producir aceites con menor coloración y con mejores características de funcionamiento.

Clasificación de las bases

De acuerdo con la API (Instituto americano del petróleo), las bases lubricantes se dividen en cinco grupos, los que se muestran en la tabla 1:

Tabla 1 Clasificación API bases lubricantes

Grupo	Índice de Viscosidad	Azufre % Peso	Saturados % Peso
I	80 – 120	>0,03	<90
II	80 – 120	<0,03	>90
III	>120	<0,03	>90
IV	> 140	0	>90
V	--	--	--

Elaborado por Alejandro Mideros

Los tres primeros grupos corresponden a bases obtenidas del petróleo a través de procesos diferenciados. El Grupo I son las bases obtenidas por medio de refinación y uso de solventes. El Grupo II y el III son bases obtenidas con procesos de desparafinado e hidrocraqueado, siendo las bases del grupo III las que han sido sometidas a procesos más intensos. El grupo IV se refiere a las bases sintéticas, de las que hablaremos a continuación, y el grupo V agrupa a otros tipos de bases, como las vegetales y animales.

Bases sintéticas

Las bases sintéticas se realizan mediante procesos de síntesis, uniendo las moléculas de sustancias simples para obtener aceites con las propiedades requeridas. Las

principales clases de material sintético usado para fabricar aceites lubricantes se puede apreciar en la tabla 2:

Tabla 2 Tipos de bases sintéticas y su aplicación

Tipos	Aplicación Principal
Polialfaolefinas (PAOs)	Automotriz e Industrial
Esteres dibásicos	Aviación y Automotriz
Esteres polioles	Aviación y Automotriz
Alquilenos	Automotriz e Industrial
Glicoles Polialquilenos	Industrial
Esteres Fosfatados	Industrial

Elaborado por Alejandro Mideros

Según la clasificación de bases sintéticas apreciadas en la tabla 2 se logra explicar cada uno de estos tipos:

- Polialfaolefinas (PAO)

Son las bases sintéticas más usadas, llamadas también Hidrocarburos Sintetizados. Tienen buena estabilidad térmica, pero requieren antioxidantes, y tienen capacidad limitada para disolver algunos aditivos.

- Esteres dibásicos (Di-ésteres)

Tienen buena estabilidad térmica y excelente solvencia. Fluyen limpiamente y tienden a disolver barniz y sedimentos, y no dejan depósitos. Deben proveerse de aditivos selectos para evitar la hidrólisis y proveer estabilidad a la oxidación.

- Esteres polioles (Poli-ésteres)

Tienen estabilidad térmica excelente y resisten la hidrólisis.

- Alquilenos

Tienen buenas propiedades a baja temperaturas y son muy solubles con los aditivos.

- Glicoles polialquilenos

Tienen buena estabilidad a altas temperaturas y altos índices de viscosidad, pueden usarse en rangos amplios de temperatura.

- Esteres fosfatados

Tienen buena estabilidad térmica, aunque sus índice de viscosidad son bajos, lo que limita sus capacidades y aplicaciones a altas temperaturas.

2.1.2. Aditivos

Los aditivos son sustancias químicas que se añaden en pequeñas cantidades a los aceites lubricantes para proporcionarles nuevas propiedades, o para mejorar propiedades ya existentes, o para suprimir y reducir ciertas propiedades que les son perjudiciales.

Clasificación de los aditivos

Los aditivos pueden dividirse en tres grandes grupos, según los efectos que producen:

Los aditivos de protección de superficie:

a) Aditivos Anti desgaste y de Extrema presión.

Para los aceites de equipos mecánicos sometidos a muy altas presiones, se emplean los aditivos anti desgaste y los aditivos EP (Extrema presión), cuyo objetivo es disminuir el desgaste de las superficies metálicas de deslizamiento, favoreciendo la adherencia del lubricante. Estos aditivos, reaccionan químicamente con las superficies y forman capas mono y polo moleculares que se reconstruyen constantemente en los sitios de altas presiones y alta fricción. De esta manera impiden el contacto metal-metal y disminuyen el desgaste. Estos aditivos no siempre están exentos de producir ligeras corrosiones, debido a la acción química que ejercen. Se consiguen muy buenos efectos por la combinación de compuestos orgánicos y antimonio, molibdeno, azufre, fósforo y arsénico o bien por combinaciones de los primeros entre sí.

b) Aditivos Detergentes-Dispersantes.

Los aditivos detergentes-dispersantes tienen la misión de evitar que el mecanismo lubricado se contamine aun cuando

el lubricante lo esté. La acción dispersantes de estos aditivos evita que partículas residuales contaminantes, formadas durante el proceso de funcionamiento de la máquina, se aglomeren unas con otras. Su fin es mantener dispersas esas partículas en estado de suspensión, por toda la masa del aceite. La acción detergente en cambio actúa sobre las superficies metálicas, evitando que las partículas contaminantes presentes en el aceite se adhieran a ellas. Su campo de aplicación principal está en los aceites para motores de combustión interna, donde mantienen en suspensión las partículas de carbón y otros materiales contaminantes que se forman en el proceso de combustión, y además evitan que se adhieran a las superficies metálicas del motor, sobre todo en las zonas de alta temperatura. Estos aditivos se preparan con sustancias alcalinas de base metálica (calcio, bario, manganeso, zinc).

c) Aditivos anticorrosivos

Son aditivos destinados a proteger contra la corrosión a las superficies metálicas no ferrosas en contacto con el aceite. Algunos de estos aditivos son: el ditiofosfato de zinc, los ésteres del ácido estilfosfórico y los compuestos de fósforo, base arsénica o bismútica.

d) Aditivos inhibidores de herrumbre.

Son aditivos destinados a prevenir la oxidación de partes metálicas ferrosas en contacto con el lubricante. Su función, es la adsorción de un constituyente polar en la superficie metálica para brindar una película protectora.

Los Aditivos para proteger el lubricante y su desempeño

los cuales se pueden dividir en los siguientes:

a) Aditivos Mejoradores del Índice de Viscosidad.

Se utilizan para este fin los esteres del ácido polimetacrílico y soluciones de polímeros plásticos, que actúan al elevarse la temperatura, atenuando la disminución de la viscosidad del aceite. Tienen por tanto una influencia favorable en la curva viscosidad-temperatura del aceite. El proceso de trabajo de estos aditivos se explica debido que en presencia de bajas temperaturas las moléculas de estas sustancias se contraen ocupando muy poco volumen y se dispersan en el aceite en forma de minúsculas bolitas dotadas de una gran movilidad. Cuando se eleva la temperatura, las moléculas de la masa de aceite aumentan de velocidad y las mencionadas bolitas se agrupan formando estructuras bastantes compactas

que se oponen al movimiento molecular del aceite base, lo cual se traduce en un aumento de la viscosidad de la mezcla.

b) Mejoradores del punto de fluidez y congelación.

Los mismos aditivos mejoradores o elevadores del índice de viscosidad se emplean para favorecer el punto de congelación y en consecuencia, el de fluidez. Se aplican principalmente a los aceites parafínicos, ya que la parafina por su elevado punto de congelación es la principal causa de la falta de fluidez de los aceites a bajas temperaturas, por su tendencia a formar aglomeraciones y solidificaciones al descender la temperatura. En este caso, la misión de los aditivos es la de absorber los cristales de la parafina sólida formada. Aunque en la fabricación de bases lubricantes parafínicas se incluye un proceso de desparafinado, la eliminación total de la parafina en la refinación es costosa, sin garantías de éxito y expone a las bases a la pérdida de otras cualidades valiosas.

c) Aditivos Antiespumantes.

En presencia de gases internos o agitación los aceites minerales puros de por sí, no pueden cortar la formación de espuma debido a la resistencia de las burbujas por el gran espesor de la película lubricante. Estas burbujas o espuma,

perjudican notablemente el trabajo del aceite, por ejemplo, al generar zonas secas entre las superficies lubricadas, o al crear respuesta erráticas en los mecanismos con mandos hidráulicos, o al acelerar el proceso de oxidación del aceite, por la presencia extra de oxígeno de las burbujas de aire. Los aditivos antiespumantes tienen la misión de evitar estas burbujas y en la mayor parte de los casos actúan minimizando el espesor de la envoltura de la burbuja, hasta su rotura, mediante la modificación de las tensiones superficiales e interfaciales de la masa de aceite.

d) Aditivos antioxidantes.

Son aditivos destinados a impedir las alteraciones internas que pueda sufrir el aceite por la oxidación y deterioro químico.

e) Aditivos demulsificante.

Los aditivos demulsificantes le dan la propiedad al aceite para separarse del agua y resistir emulsiones.

2.2. Parámetros físicos - químicos y su medición

Los parámetros físicos y químicos son datos numéricos susceptibles de ser medidos con el fin de valorar las propiedades físicas y químicas relevantes de los aceites lubricantes. Son de gran utilidad para lograr uniformidad de los diferentes productos durante su

elaboración. También son útiles para determinar los aceites adecuados para cada aplicación de acuerdo a las especificaciones requeridas. Así mismo nos permiten medir las variaciones de las propiedades físicas y químicas de un aceite en uso, respecto a sus características originales, e identificar las posibles causas de esas variaciones.

2.2.1. Viscosidad

La viscosidad es la propiedades más importantes de un aceite 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 a fluir que presenta un fluido. Físicamente, la viscosidad es una medida de la fricción interna del fluido, que actúa en resistencia al movimiento de sus moléculas, al ejercerse sobre ellas una tensión de cizallamiento.

La viscosidad del aceite determina el espesor de la película lubricante que forma entre dos piezas en contacto y movimiento relativo. Si la viscosidad es demasiado baja la película lubricante es tan delgada que no soporta las cargas entre las piezas y se rompe, sin llegar a cumplir su objetivo de disminuir la fricción y evitar el contacto metal-metal. Si la

viscosidad es demasiado alta el lubricante no es capaz de llegar a todos los lugares en donde es requerido, sobre todo si los ajustes entre las piezas son muy finos. Aceites muy viscosos, con películas lubricantes gruesas, al actuar entre superficies moviéndose a altas velocidades, generan elevada fricción fluida y calor, producto del rozamiento entre las propias moléculas del aceite, consumiendo energía y disminuyendo eficiencia. La bomba que impulsa un aceite muy viscoso trabaja también forzada y durante el arranque de los motores y equipos, se retarda la llegada del aceite a los sitios a lubricar, ocasionando períodos más largo de funcionamiento en seco en los arranques en frío, y por tanto mayor desgaste acumulado.

La viscosidad varía en forma inversamente proporcional a la temperatura, por eso su valor no tiene utilidad si no se relaciona con la temperatura a la que el resultado es reportado. Un aceite delgado es menos resistente a fluir, por eso su viscosidad es baja. Un aceite grueso es más resistente a fluir y por eso tiene una viscosidad más alta.

Tipos de viscosidad

- Viscosidad dinámica

La viscosidad dinámica ó absoluta es función sólo de la fricción interna del fluido, y se define como el cociente resultante de dividir el esfuerzo de corte ($EC = \text{Fuerza}/\text{Area}$) ejercido sobre un fluido, para la velocidad de corte ($VC = \text{Velocidad}/\text{Distancia}$) a la que se mueve la capa del fluido sobre la que actúa el esfuerzo de corte:

$$M = \frac{EC}{VC}$$

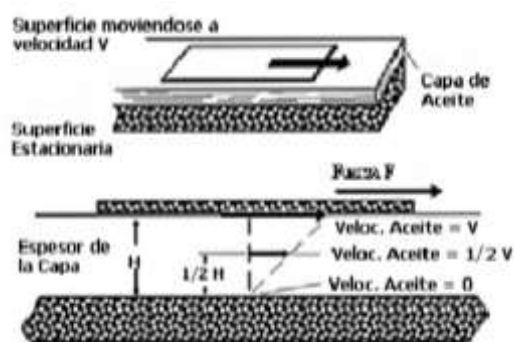


Fig 2.1 Concepto de Viscosidad Dinámica [2]

El concepto de la viscosidad dinámica se muestra gráficamente en la figura 2.1, donde una placa se mueve a una velocidad constante V sobre una capa de aceite de espesor H que separa esta placa móvil de otra placa fija. El aceite se adhiere a las superficies enfrentadas de ambas placas, la móvil y la estacionaria. El aceite en contacto con la placa móvil viaja a la misma velocidad que ésta, mientras que

el aceite en contacto con la placa estacionaria tiene velocidad cero. Entre ambas placas, se puede visualizar al aceite como si estuviera compuesto por muchas capas, cada una de ellas siendo arrastrada por la superior a una fracción de la velocidad **V**, proporcional a su distancia de la placa estacionaria. Una fuerza **F** debe ser aplicada a la placa móvil de área **A** para vencer a la fricción entre las capas fluidas. Dado que esta fricción se relaciona con la viscosidad, la fuerza necesaria para mover la placa es proporcional a la viscosidad. La viscosidad se puede determinar midiendo la fuerza necesaria para vencer la resistencia a la fricción del fluido en una capa de dimensiones conocidas. La viscosidad determinada de esta manera se llama dinámica o absoluta. Resumiendo:

$$\text{Esfuerzo de corte} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Area}} = \frac{\text{dinas}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Velocidad de corte} = \frac{\text{Velocidad del fluido}}{\text{distancia entre superficie}} = \frac{\frac{\text{cm}}{\text{s}}}{\text{cm}} = \text{s}^{-1}$$

$$\text{Viscosidad Absoluta} = \frac{\text{Esfuerzo de corte}}{\text{Velocidad de corte}} = \frac{\frac{\text{dinas}}{\text{cm}^2}}{\text{s}^{-1}} = 1P$$

La medida métrica de la viscosidad dinámica (o absoluta) es el Poise P, que se define como la viscosidad absoluta de un fluido dispuesto sobre un fondo fijo a 1 cm de profundidad, sobre cuya superficie superior se debe aplicar una fuerza de 1

Dina para mover un área de 1 centímetro cuadrado, a una velocidad de 1 cm por segundo, La viscosidad dinámica también se expresa en unidades del Sistema Internacional como pascal*segundo (1Pa*s = 10P).

- Viscosidad cinemática

La viscosidad dinámica en Poise (P) se puede convertir en viscosidad cinemática en Stokes (St) dividiéndola por la densidad del fluido en gramos por centímetro cúbico (g/cm³) a la misma temperatura.

$$\text{Viscosidad cinemática} = \frac{\text{Viscosidad absoluta}}{\text{Densidad}} = 1 \text{ Stoke}$$

Debido a que es más conveniente medir la viscosidad de manera tal que se tenga en cuenta la densidad del fluido, para caracterizar a los aceites lubricantes se utiliza la viscosidad cinemática, que normalmente se mide y especifica en centistokes (cSt) a 40°C o 100°C con flujo lineal y siendo constantes la presión y la temperatura (1 St = 100 cSt).

La viscosidad cinemática de un fluido es entonces la viscosidad dinámica (o absoluta) dividida por la densidad del fluido, ambas medidas a la misma temperatura, y expresadas en unidades consistentes. La unidad más común que se utiliza

para expresar la viscosidad cinemática es el centistokes (cSt), que en unidades del SI se equipara a milímetros cuadrados por segundo ($1 \text{ mm}^2/\text{s} = 1 \text{ cSt}$). Aunque se ha difundido extensamente el uso del cSt, en todo el mundo, aún se pueden encontrar esporádicamente documentos que usan Segundos Saybolt Universales (SSU) o Grados Euler ($^{\circ}\text{E}$) como unidades de medida de la viscosidad cinemática.

Medición de la viscosidad cinemática (Norma ASTM 445)

Viscosímetros capilares

Este método de ensayo especifica un procedimiento para la determinación de la viscosidad cinemática, η , de aceites tanto transparentes como opacos, midiendo el tiempo que toma a un volumen dado de aceite fluir por gravedad a través de un capilar de vidrio calibrado. La viscosidad dinámica, M , se puede obtener multiplicando la viscosidad cinemática, η , por la densidad, ρ , del líquido.

El resultado obtenido es dependiente del comportamiento de la muestra y está destinado para aplicaciones en líquidos donde todo el esfuerzo cortante y velocidades de cizallamiento son proporcionales (fluidos newtonianos). Sin embargo, la viscosidad varía con la tasa de cizallamiento, por lo que se

obtiene resultados algo diferentes según los diámetros de los viscosímetros capilares.

La gama de viscosidades cinemáticas cubiertos por esta prueba es de 0,2 a 300000 cSt en todos los rangos de temperatura.

Diferentes escalas de medida de viscosidad

Existen varias escalas para medir la viscosidad de un fluido;

Las más usadas son la SAE y la ISO. Estas escalas son:

- Escalas en grado SAE para aceites motor.
- Escalas en grado SAE para aceites de engranajes
- Escalas en grados ISO para aceites hidráulicos.

Como podemos comprobar en la figura 2.2 existe una correlación de equivalencia entre las distintas escalas. Esta diferenciación fue realizada para evitar equivocaciones en la aplicación de un producto u otro.

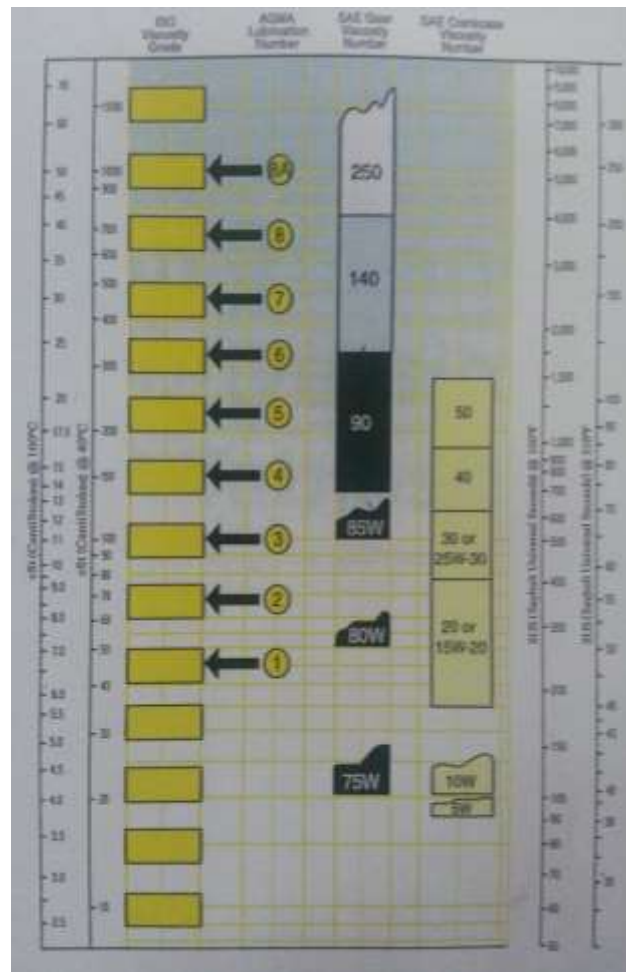


Figura 2.2 Correlación de escalas de medida de viscosidad [3]

Factores que afectan a la viscosidad

Aunque en la mayor parte de los casos sería deseable que la viscosidad de un lubricante permanezca constante, ésta se ve en la realidad afectada por diversos factores.

- Efecto de la temperatura

En termodinámica la temperatura y la cantidad de movimiento de las moléculas se consideran equivalentes. Cuando

aumenta la temperatura de cualquier sustancia (especialmente en líquidos y gases) sus moléculas adquieren mayor movilidad y su cohesión disminuye, al igual que disminuye la acción de las fuerzas intermoleculares. Por ello, la viscosidad varía con la temperatura, aumentando cuando baja la temperatura y disminuyendo cuando esta se incrementa.

- Efecto de la velocidad de corte

No todos los fluidos responden igual a variación de la velocidad de corte. Debido a su naturaleza, la mayoría de los fluidos no varían su viscosidad al variar la velocidad de corte. Son los llamados fluidos newtonianos. En estos, el grado de desplazamiento de las capas de líquido es proporcional a la fuerza que se aplica, ejemplo de ello son los aceites mono grado.

- Efecto de las sustancias extrañas

Durante su utilización, el lubricante se ve expuesto a sustancias extrañas que acaban afectándole, modificando sus características. Al contrario que la temperatura o la velocidad de corte, esta modificación será permanente y progresiva. La viscosidad de un lubricante puede disminuir a causa de base de baja calidad y disolución por otra sustancia. Y puede

aumentar debido a base de baja calidad, pocos aditivos, acumulación de contaminantes y oxidación. Los factores anteriores pueden combinar su acción, de manera que incluso lleguen a anularse. Es decir, un lubricante puede perder viscosidad debido a una base de baja calidad, y recuperarla por acumulación de suciedad. De cualquier forma, esto implica una degradación del lubricante. En la práctica suele ser más preocupante una pérdida de viscosidad que un incremento.

2.2.2. Índice de viscosidad

El índice de viscosidad es la magnitud que mide la mayor o menor variación que sufre la viscosidad de un aceite al modificarse su temperatura.

Medición de índice de viscosidad en aceites lubricantes:

Para definir el índice de viscosidad de un aceite según la norma ASTM D2270 se compara sus respectivas viscosidades a dos temperaturas distintas y fijas que son 100°F y 210°F (correspondientes a 38 y 98.9°C). En una escala arbitraria que se acepta universalmente como patrón, se ha tomado como índice de viscosidad cero al de un aceite de tipo nafténico, y como índice de viscosidad cien al de un aceite de tipo parafínico.

Cuanto más alto es el índice de viscosidad de un aceite, menor es su pérdida de viscosidad al incrementarse la temperatura.

2.2.3. Punto de inflamación

El punto de inflamación de un aceite lo determina la temperatura mínima a la cual los vapores desprendidos por un aceite se inflaman en presencia de una llama o chispa que va saltando casi de un modo continuo. El punto de inflamación tiene una importancia vital en aquellos mecanismos donde el aceite trabaja a elevadas temperaturas; por ejemplo, motores de combustión interna en los que se requieren puntos de inflamación superiores a 215°C. En cambio para lugares donde la temperatura de operación es la ambiental o ligeramente superior, esta característica no tiene mayor interés alguno, ya que todos los aceites superan dicha temperatura sin riesgo de inflamarse. Si se calienta el aceite, al llegar a una temperatura de 20° o 30°C superior al punto de inflamación, los vapores desprendidos ya no arden momentáneamente, sino de un modo continuado; este fenómeno se conoce con el nombre de punto de combustión.

El punto de inflamación de un lubricante puede ser afectado por diversos parámetros, tal y como muestra la tabla 3, Estas variaciones en el valor del punto de inflamación son empleadas para estimar la procedencia de contaminantes del motor.

Tabla 3 Parámetros que afectan el punto de inflamación

	Diminución del punto de inflamación	Aumento del punto de inflamación
Cambios en la estructura	Craqueo térmico	Polimerización
Contaminación	Combustible. Añadido de aceite de distintas propiedades	Agua, residuos carbonosos, glicoles, mezcla con aceite de distintas propiedades
Pérdidas del lubricante	----	Evaporación térmica, deshidratación por vacío

Fuente: The practical handbook of machinery lubrication

Medición del punto de inflamación de aceite lubricantes:

Para definir el punto de inflamación de un aceite según las normas ASTM D 92 (vaso abierto) y ASTM 93 (vaso cerrado) se utilizan los siguientes procedimientos:

- Punto de inflamación en vaso abierto (Cleveland)

Este método emplea un recipiente metálico que es llenado de lubricante, el aceite se calienta de manera escalonada. Periódicamente se pasa una pequeña llama sobre su superficie. Este proceso continúa hasta que un destello,

aparece sobre la muestra al pasar la llama de prueba, la temperatura del líquido en ese momento será el punto de inflamación en vaso (o copa) abierto.

- Punto de inflamación en vaso cerrado (Pensky-Martens)

En este ensayo, la muestra es confinada en un recipiente cerrado, en cuyo interior la llama de prueba es introducida según un cierto intervalo. El recipiente se calienta siguiendo un proceso fijado y adicionalmente se puede agitar la muestra para homogeneizarla durante el desarrollo del ensayo.

2.2.4. Punto de fluidez

El punto de fluidez es la temperatura mínima a la que fluye el aceite por los circuitos de lubricación. El aceite a bajas temperaturas se va volviendo más viscoso, hasta que se llega a cierta temperatura en la cual deja de fluir. En los aceites naftalénicos este punto se alcanza por la disminución de la densidad causada por el descenso de la temperatura; en los parafínicos se debe principalmente a la cristalización de sustancias parafínicas.

Esta característica es de gran importancia principalmente en aceites que van a lubricar mecanismos que trabajan a bajas temperaturas, por ejemplo máquinas frigoríficas. Si se

continúa enfriando el aceite, más allá de su punto de fluidez, casi inmediatamente se produce la congelación total, este valor temperatura se conoce como punto de congelación.

Generalmente no es aconsejable emplear un aceite a una temperatura inferior a 8°C (15°F) por arriba de su punto de fluidez.

Medición del punto de fluidez de aceite lubricantes:

Para definir el punto de fluidez en un aceite según la norma ASTM D 97 se debe cumplir las siguientes especificaciones:

Medir la mínima temperatura a la cual el aceite fluye por gravedad al ser enfriado a una cierta velocidad y examinado a intervalos especificados.

2.2.5.TBN

La reserva alcalina de un lubricante o TBN informa sobre su capacidad de neutralizar productos ácidos (principalmente ácido sulfúrico y ácido nítrico) procedentes de la combustión y de la oxidación del aceite a temperaturas elevadas.

El TBN se expresa en miligramos de hidróxido potásico (KOH), por gramo de aceite analizado.

El contenido de azufre en los combustibles es el principal factor considerado para determinar el valor del TBN del

lubricante que se use en el motor, en la figura 2.3 se puede apreciar estos cambios.

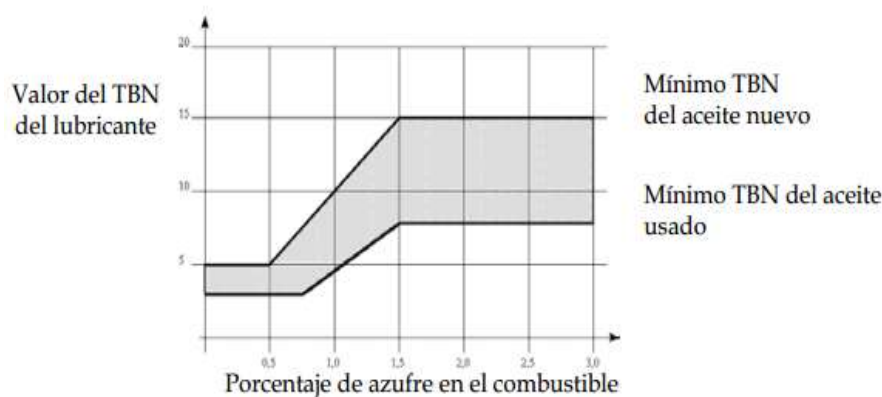


Figura 2.3 TBN en función del contenido de azufre en el combustible [1]

La reserva alcalina de un lubricante puede ser reducida por diversos parámetros, como:

- Reacción con productos ácidos de la combustión.
- Dilución por combustible.
- Dilución por agua.
- Degradación térmica.
- Adición de lubricante de TBN inferior.

De igual modo, también existen factores que pueden provocar un incremento en el valor del TBN:

- Pérdida de compuestos volátiles y consecuente concentración del lubricante.

- Adición de lubricante de TBN superior.

Medición del TBN en lubricantes:

La medida del TBN se realiza según la norma ASTM D 2896 mediante la valoración potencio métrica, donde se añaden pequeños volúmenes de ácido hasta que es neutralizado el contenido alcalino del aceite.

2.2.6.TAN

El lubricante reacciona continuamente con el oxígeno atmosférico, dando lugar a productos de oxidación y ácidos. Estos procesos de degradación son más rápidos a altas temperaturas, además, las partículas de desgaste y otros contaminantes presentes en el lubricante, pueden actuar como catalizadores, acelerando dichos procesos. Los productos de oxidación y ácidos orgánicos, degradan las prestaciones del lubricante llegando a generar lodos y lacas que forman depósitos dentro de los conductos de aceite y sobre los elementos lubricados, además de que estos compuestos pueden llegar a saturar los filtros.

El parámetro denominado número ácido total o TAN permite cuantificar tanto la cantidad de ácidos orgánicos como de

ácidos fuertes inorgánicos, presentes en el lubricante, expresándose en miligramos de KOH por gramo de aceite.

Medición del TAN en lubricantes:

La medición del TAN se realiza según la norma ASTM D 664, mediante la valoración potencio métrica, donde se añaden pequeños volúmenes de mg de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para neutralizar los ácidos en un gramo de aceite.

2.2.7. Cenizas sulfatadas

Las cenizas sulfatadas es una medida de la capacidad detergente-dispersante de un lubricante, es decir de la capacidad que tiene para evitar o reducir la formación de depósitos carbonosos en las zonas calientes del motor (alojamientos de los segmentos, falda de los pistones, guías y vástagos de las válvulas), evitando la adherencia de esos depósitos y manteniendo en suspensión en el aceite en forma de pequeñas partículas.

En un aceite de motor nuevo adecuadamente aditivado el valor de las Cenizas Sulfatadas es de 1 (100 %). Con el uso en el motor, dicho lubricante va disminuyendo paulatinamente, ese valor. No obstante, una disminución rápida de la detergencia puede ser provocada por los siguientes factores:

- Contaminación del lubricante con combustible o agua.
- Trabajo a temperaturas por encima de las recomendadas.
- Exceso de materiales insolubles en el lubricante.

Medición de cenizas sulfatadas en lubricantes:

La medición de las cenizas sulfatadas se realiza mediante la norma ASTM D-874, el equipo analítico empleado en los laboratorios especializados para la cuantificación de las cenizas sulfatadas es un equipo fotométrico, el cual calcula el área de una mancha de lubricante sobre un papel absorbente, determinando posteriormente mediante patrones internos la detergencia de la muestra.

2.2.8. Peso específico

Un parámetro físico importante del aceite lubricante es su peso específico, que se mide directamente o mediante la medición de otra característica relacionada, la densidad, que es la relación existente entre la masa de lubricante y el volumen ocupado, medidos a una temperatura constante. La densidad varía en función de la naturaleza del lubricante, los aceites de base parafínica tienen menor densidad que los de tipo aromático o nafténico. En el mantenimiento de equipos y motores no se suele realizar un seguimiento de la densidad

del lubricante debido al elevado volumen de aceite requerido para realizar la determinación (100 ml aproximadamente) y a la poca información que aporta su medida. La variación de la densidad de un aceite vendría dada por una degradación por el uso del mismo (la pérdida de compuestos volátiles da lugar a un aumento en la densidad) o por la entrada de contaminantes, que puede dar lugar tanto a un aumento como a una disminución de densidad.

Existe una escala específica para definir la densidad de lubricantes, y en general de los derivados del petróleo, denominada densidad o grado API. La cifra dada por este parámetro se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$API = \frac{141.5}{\rho} - 131.5$$

A partir de esta ecuación los aceites de grado API por encima de 10 tendrán una densidad superior al agua y los de grado por debajo de 10 una densidad menor a la unidad. Por tanto, a mayor grado API menor será la densidad del aceite.

2.2.9. Demulsibilidad

La demulsibilidad es la propiedad del aceite para separarse del agua y resistir la formación de emulsiones. La capacidad de un aceite para resistir la formación de emulsiones en la

operación es la mejor medida de la demulsibilidad, más que la resistencia inicial al agua. El aceite se desempeñará mejor si el contenido de agua se mantiene consistentemente por debajo de 0.5%.

Entre los factores que determinan la demulsibilidad de un aceite están los aceites base y los aditivos empleados en su manufactura, junto con la presencia de contaminantes. Entre esos factores, sin embargo, los aditivos utilizados para formular un aceite en particular pueden tener un gran efecto sobre lo bien que se desempeñará finalmente el lubricante en un ambiente húmedo.

Medición de demulsibilidad en lubricantes:

El ensayo de demulsibilidad de un aceite lubricante basado en la norma ASTM D 1401 consiste en mezclar cantidades iguales de agua y aceite a 54 °C, agitar y luego dejar reposar. De acuerdo a la cantidad de emulsión remanente luego de 30 minutos, la muestra de aceite pasa o no la prueba.

2.2.10. Formación de espuma

La espuma es una aglomeración de burbujas de aire u otro gas, separadas por una fina capa de líquido que persiste en la superficie. Suele formarse por agitación violenta del líquido.

Medición de formación de espuma en lubricantes:

El ensayo de formación de espuma en un aceite lubricante según la norma ASTM D 892. Consiste en insuflar aire en una muestra durante 5 minutos e inmediatamente medir el volumen de espuma formado. Luego se deja reposar y se mide nuevamente la espuma al cabo de 10 minutos

2.2.11. Rigidez dieléctrica

La rigidez dieléctrica indica la capacidad aislante del aceite, así como la presencia en el mismo de impurezas tales como agua, lodos, polvo, gases, etc. Las impurezas disminuyen la rigidez dieléctrica de un aceite porque facilitan el paso de la corriente a través del aceite, especialmente si se trata de agua libre o en emulsión o asociada a otros contaminantes tales como fibras de papel, o partículas de polvo, etc. No ocurre lo mismo con el agua disuelta en el aceite antes de alcanzar su punto de saturación, que no afecta a esta propiedad. La temperatura incrementa el valor de la rigidez dieléctrica, hasta alcanza un valor máximo a los 100°C. Esta propiedad es de especial significado en los aceites de transformador y en los aceites para compresores frigoríficos.

Medición de la rigidez dieléctrica:

El ensayo de esta propiedad en un aceite lubricante según la norma ASTM D 877 consiste en medir la tensión que llega a producir un arco eléctrico permanente entre dos electrodos bien definidos separados 2.5 mm y sumergidos en aceite a 20°C. Se expresa en Kv/cm.

2.3. Aplicaciones de aceites lubricantes

Los aceites lubricantes tienen aplicación en todas las áreas de la producción y el transporte. En todo lugar donde se encuentren dos piezas en contacto y movimiento relativo y sea conveniente disminuir la fricción y el desgaste, se aplican los lubricantes. En la maquinaria industrial y los vehículos automotores los aceites lubricantes son indispensables. Por complicados que pudieran parecer esos equipos, entre todas sus piezas móviles encontramos básicamente solo cuatro tipos de elementos que requieren lubricarse: **Cojinetes** (axiales, planos, de empuje, rodamientos, etc.), **Engranajes** (cilíndricos, cónicos, hipoidales, sinfín–corona), **Elementos Deslizantes** (guías, levas y cilindros) y **Cables**.

2.3.1. Elementos mecánicos a lubricarse

Cojinetes

Los cojinetes de fricción son elementos importantes en todo tipo de máquinas. Las complejas exigencias y las cada vez

más elevadas cargas a las que son sometidos los cojinetes que sostienen las partes móviles de la maquinaria moderna, obligan a la utilización de materiales perfectamente adaptables a la aplicación requerida. Las numerosas combinaciones de materiales disponibles, permiten a los ingenieros elegir la configuración más adecuada para cada cojinete en particular.

Tipos de cojinetes y denominaciones:

- Cojinetes lisos o planos

Los cojinetes lisos se utilizan tanto para cojinetes de biela como para cojinetes principales. Se trata, en la mayoría de los casos, de ensambles de dos medios cojinetes finos bimetálicos o trimetálicos.

En los cojinetes bimetálicos, el dorsal de acero se emplea metal antifricción, como aluminio aditivado con estaño y cobre.

En el caso de los cojinetes trimetálicos, el metal antifricción - cobre con plomo y estaño como aditivos - viene aplicado sobre el dorsal de acero mediante colada o mediante sinterizado - laminado -sinterizado. Una barrera de níquel (barrera de difusión) separa el metal antifricción de la capa de deslizamiento galvánica.

Como se observa en la figura 2.4 la entrada de aceite a los diferentes tipos de cojinetes se puede dar por orificios desde los que se desliza el aceite a través del elemento por medio de una ranura en todo su geometría.

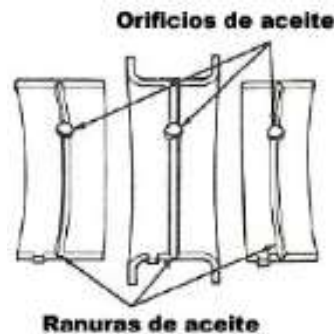


Figura 2.4 Orificio y ranura de entrada de aceite en cojinete [4]

- Los rodamientos

Los rodamientos son piezas de acero aleado con cromo, manganeso y molibdeno, para facilitar la ejecución de rigurosos tratamientos térmicos y obtener piezas de gran resistencia al desgaste y a la fatiga. En la selección de los materiales, deben tomarse en consideración las temperaturas de operación y una adecuada resistencia a la corrosión. El material para la jaula (donde se encuentra el elemento rodante) ha evolucionado mucho. Actualmente se utilizan aceros, metales de bajo roce y poliamida. Otra característica de los rodamientos es la exactitud de sus dimensiones, cada

parte debe tener tolerancias muy estrechas para un satisfactorio funcionamiento del conjunto.

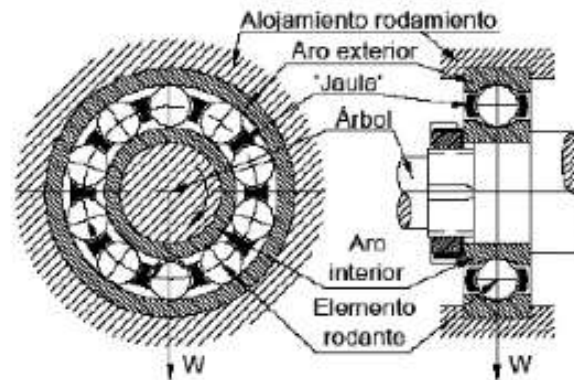


Figura 2.5 Partes de un rodamiento [4]

En la figura 2.5 se pueden apreciar las partes necesarias en un rodamiento para un correcto funcionamiento. Existen rodamientos de muy variados tipos para adecuarse a las diversas aplicaciones. Es muy importante seleccionar el rodamiento preciso, tomando la decisión en base a criterios tales como: costo, facilidad de montaje, vida útil, dimensiones generales, carga, velocidad, temperatura de operación, simpleza del conjunto, disponibilidad de repuestos y tipo de lubricación. Básicamente hay tres tipos de rodamientos, según la dirección de la carga que mejor soportan:

a) Rodamientos Radiales: son aquellos diseñados para resistir cargas en dirección perpendicular al eje.

b) Rodamientos Axiales: son aquellos que están diseñados para resistir cargas en la misma dirección del eje.

c) Rodamientos de contacto angular: son una mezcla de los casos anteriores, se basan en un rodamiento similar al radial con un diseño especial de los aros exterior e interior para soportar cargas axiales mayores que un rodamiento radial simple. Sus aplicaciones son muy amplias, debido que un eje siempre puede desarrollar cargas eventuales en una dirección inesperada y debido al ahorro que se genera al colocar un solo rodamiento para hacer el trabajo de dos.

Método de lubricación de rodamientos

Para el funcionamiento fiable de los rodamientos, deben estar adecuadamente lubricados con el fin de evitar el contacto metálico directo entre los elementos rodantes, con los caminos de rodadura y las jaulas. El lubricante también evita el desgaste y protege las superficies contra la corrosión. Por tanto, la elección del lubricante y el método de lubricación adecuado para cada aplicación, así como el mantenimiento adecuado, son de gran importancia. Existe una extensa gama de grasas y aceites disponibles para la lubricación de los rodamientos y también existen lubricantes sólidos para temperaturas extremas. La selección final del lubricante

depende fundamentalmente de las condiciones de funcionamiento, es decir, del rango de temperaturas, cargas y velocidades, así como de la influencia del entorno. Las condiciones de funcionamiento más favorables se obtienen cuando el rodamiento se suministra con la cantidad mínima de lubricante necesaria para proporcionar una lubricación fiable. El lubricante en una disposición de rodamientos, pierde gradualmente sus propiedades de lubricación a causa del trabajo mecánico, el envejecimiento y la acumulación de contaminación. Por tanto, es necesario añadir o renovar la grasa y filtrar y cambiar el aceite a intervalos regulares. Los rodamientos y las unidades de rodamientos con obturaciones integrales y placas de protección a ambos lados se suministran en grasados.

Lubricación con aceite en rodamientos

Los aceites minerales puros son los que generalmente se prefieren para la lubricación de rodamientos. Normalmente, los aceites que contienen aditivos EP, AW y de otro tipo para la mejora de determinadas propiedades de lubricación sólo se emplean en casos especiales. Existen versiones sintéticas de muchas de las clases de lubricantes más frecuentes. Por lo general sólo se considera el uso de aceites sintéticos para la

lubricación de rodamientos en casos extremos, por ejemplo a temperaturas de funcionamiento muy bajas o muy altas. El espesor real de la película de lubricante juega un papel fundamental en cuanto a la resistencia a la fatiga del rodamiento. En condiciones de anegación total, la viscosidad del aceite, el índice de viscosidad y el coeficiente de presión-viscosidad influyen sobre el espesor real de la película en la zona de contacto. Normalmente, la lubricación con aceite se emplea cuando las elevadas velocidades o las altas temperaturas de funcionamiento no permiten el uso de grasa, o cuando es necesario evacuar del rodamiento el calor producido por la fricción o de origen externo, o cuando los componentes adyacentes (engranajes, etc.) están lubricados con aceite.

Engranajes

Los engranajes son elementos de transmisión de potencia, es decir de fuerza y movimiento. Existen diferentes tipos de engranajes según su aplicación los cuales se pueden apreciar en la figura 2.6 estos se diferencian en que los engranajes cilíndricos se emplean para transmitir potencia entre ejes paralelos. Los dientes pueden ser rectos o helicoidales. Los engranajes cónicos se emplean para transmitir potencia entre

dos ejes que se cruzan (generalmente en ángulo recto). Al igual que el caso anterior los dientes pueden ser rectos o helicoidales. Los engranajes hipoidales y los de sin fin y corona se emplean para transmisión de potencia entre ejes a 90° pero que no se cortan por estar ubicados en distintos planos.

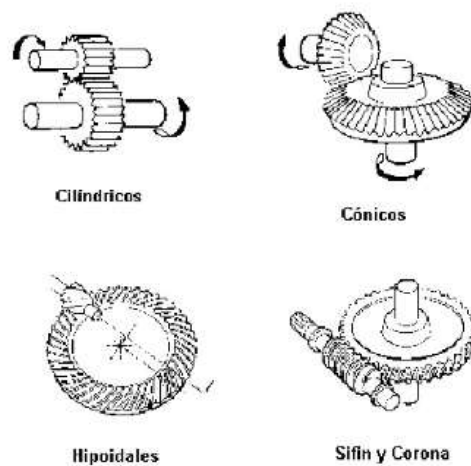


Figura 2.6. Tipos de engranaje [4]

En general la transmisión de movimiento entre los dientes se produce por una combinación de rodadura y deslizamiento. El grado de deslizamiento depende del tipo de engranaje siendo particularmente elevado en engranajes hipoidales y en los de sin fin y corona.

- Funciones del lubricante en engranajes

Básicamente, los aceites para engranajes deben: lubricar, refrigerar y proteger contra la corrosión y herrumbre

- Propiedades de los lubricantes para engranajes

a) Capacidad de carga: debido a la combinación de altas presiones de contacto y de deslizamiento entre dientes, se tendría un rápido desgaste si se produjera el contacto metal con metal. Por ello es vital que se pueda establecer y mantener una película lubricante independientemente de las variaciones de carga, velocidad y temperatura. En este sentido la viscosidad del aceite es la propiedad más importante para lograr una eficiente lubricación. En líneas generales puede decirse que la viscosidad debe aumentar a medida que disminuye la velocidad o se incrementan las cargas aplicadas. El grado de viscosidad requerido se relaciona con un factor de carga/velocidad, que tiene en cuenta la combinación de ambos efectos para cada tipo de engranaje. Sin embargo, cuando las condiciones son tales que no es posible mantener un espesor de película adecuado, será necesario recurrir al empleo de aceites compuestos con aditivos anti desgaste o de extrema presión.

b) Estabilidad a la oxidación: los aceites de engranajes están sometidos a condiciones de oxidación relativamente severas debido al incremento de temperatura en la zona del engrane,

agitado con aire y el contacto con metales que actúan como agentes catalíticos. Por eso deben tener una elevada resistencia a la oxidación a fin de no degradarse rápidamente.

c) Protección contra la corrosión y herrumbre: es usual que en las cajas de engranajes haya condensación de humedad con el consecuente peligro de corrosión y herrumbre de las piezas metálicas.

d) Demulsibilidad: por distintas razones cantidades importantes de agua pueden acumularse en una caja de engranajes. Para que esta pueda ser drenada es esencial que el aceite tenga una buena demulsibilidad.

e) Baja tendencia a la formación de espuma: los aceites de engranajes deben tener una muy baja tendencia a la formación de espuma, ya que si bien esta puede minimizarse con un correcto diseño del sistema de lubricación, nunca puede eliminarse totalmente, especialmente cuando los engranajes trabajan a alta velocidad.

Elementos deslizantes

En esta categoría se incluye los elementos deslizantes como guías y cilindros que se presentan mayormente en

compresores y motores de diesel y gasolina, pero también se los puede encontrar en máquinas de forjado y prensas.

La condición de servicio sobre la cual estos elementos operan varía extensamente. Sin embargo las guías normalmente trabajan a grandes velocidades sobre condiciones que probablemente permita la formación de una película lubricante fluida la mayor parte del tiempo. Los requerimientos de lubricación para las guías normalmente no son tan severos por lo que se los diseña para operar con el mismo aceite del cojinete que se vaya a deslizar.

En cambio en la lubricación de los cilindros pueden presentarse problemas especiales. Con una baja velocidad y una gran carga, el lubricante tiende a desaparecer, por lo que la capa límite es la que prevalece, teniendo como resultado gran fricción. Por otro lado, con una gran velocidad pero una baja carga, la selección adecuada de la viscosidad del aceite permite formar una película fluida, lograndose una buena lubricación.

Por la constante variación de cargas y velocidades en los elementos deslizantes, sobre todo en motores de combustión interna, la película fluida no siempre se puede mantener, por

lo que se requiere un aditivo anti desgaste para poder reducir la fricción.

Cables

En la industria, la utilización de cables como instrumentos de izaje o manipulación de equipos, productos o cargas es muy común. Estos elementos de máquina son responsables de soportar elevadas tensiones de tracción, y a menudo operan en presencia de altas temperaturas y gases o fluidos corrosivos. Además los cables requieren de un especial cuidado, dadas las implicancias que pueden tener una falla inesperada en relación a la seguridad de las personas.

Los filamentos de acero que se entrelazan para componen el cable, se deslizan unos sobre otros al aplicarse y aliviarse sucesivamente las cargas de tensión, tanto en los tramos rectos, y sobre todo al desplazarse sobre las poleas y ejes. Esto exige que los cables estén lubricados interna y externamente. Existen cables de alma o núcleo de fibra y cables construidos enteramente de acero. Los primeros absorben y retienen lubricante en su núcleo construido con un material absorbente, que cuando se comprime, al ser tensionado el cable, suelta lubricante en dirección hacia la

superficie exterior del cable. Cables enteramente de acero soportan mayores cargas, pero requieren ser lubricados más frecuentemente. Estos elementos deben ser lubricados como rutina con aplicaciones uniformes sobre la superficie entera del cable y utilizando un lubricante con características tales que le permitan penetrar entre los filamentos hasta el mismo centro del cable.

La lubricación de los cables al aire libre se debe llevar a cabo solamente durante tiempo seco. Es esencial que el cable esté “limpio” antes de la lubricación. El Lubricante utilizado para cables debe ser formulado con un aceite de base parafínica fortificado con aditivos para proveer buena protección contra la oxidación y la corrosión. También debe tener propiedades anti-desgaste, buenas características de penetración, adherencia y desplazamiento de humedad; en lo posible no debe contener solventes ni tener un punto de inflamación bajo. Ningún solvente de ningún tipo debe ser aplicado a cables con alma de fibra. Los solventes pueden remover el lubricante original y pueden destruir el alma del cable. Normalmente el lubricante para cables debe contar con un grado de viscosidad ISO de 10, equivalente a una viscosidad de alrededor de 10

cSt (ASTM-D445) 10 cSt., y un Índice de Viscosidad (ASTM D-2270) de 80 o más.

2.3.2. Otras funciones de los aceites lubricantes

Los lubricantes no solamente disminuyen la fricción y previenen el desgaste, como ya se ha explicado a fondo en el capítulo anterior, sino que también desempeñan otras importantes funciones para asegurar un correcto funcionamiento de la maquinaria. Entre estas otras funciones, cabe destacar las siguientes: función refrigerante, limpieza y eliminación de impurezas, protección contra la corrosión y herrumbre, efecto sellante y de transmisión de potencia.

Refrigeración

El aceite contribuye a mantener el equilibrio térmico de la máquina, disipando el calor que se produce en su interior como consecuencia de la fricción, la combustión, etc. Esta función es especialmente importante en aquellos casos en que no exista un sistema expreso de refrigeración, ó este no alcance a determinados componentes de la máquina desde los que efectivamente se elimina calor a través del aceite. En general, se puede afirmar que el aceite disipa entre un 10% y un 25% del calor total que debe ser eliminado en un motor de

combustión interna, y porcentajes más altos en cajas de engranajes y máquinas con sistemas de circulación de aceite.

Limpieza y Eliminación de impurezas

En las máquinas y equipos lubricados se producen impurezas de todo tipo, por el propio proceso de funcionamiento (como la combustión en los motores de explosión), partículas procedentes de desgaste o corrosión y contaminaciones exteriores (polvo, agua, etc.). El lubricante en circulación ayuda a eliminar esas impurezas, al ser capaz de mantenerlas en suspensión y llevarlas hasta los elementos filtrantes apropiados. Esta acción es fundamental para conseguir que las partículas existentes no se depositen en los componentes del equipo, no aceleren un desgaste en cadena ni puedan atascar conductos de lubricación o producir otras consecuencias nefastas para las partes mecánicas lubricadas.

Protección contra la corrosión y herrumbre

Los lubricantes tienen propiedades anticorrosivas y anti herrumbre naturales, que pueden incrementarse con aditivos específicos para preservar de la corrosión y herrumbre a los diversos tipos de metales y aleaciones que conforman las piezas y estructuras de los equipos.

Efecto sellante

El aceite lubricante en determinados equipos cumple la misión de sellar zonas en donde no es deseable que existan fugas de otros líquidos o gases que al producirse, reducen el rendimiento y generan contaminación. La cámara de combustión en los motores, las cámaras de compresión en los equipos compresores y los émbolos en los amortiguadores hidráulicos son ejemplos donde el aceite lubricante debe cumplir esta función.

Transmisor de potencia

Es la tarea de los fluidos hidráulicos en los que el aceite tiene como función principal transmitir energía de un punto a otro del sistema, además de funcionar como lubricante.

2.3.3. Métodos de aplicación

Una vez seleccionado el lubricante apropiado para una aplicación, este deberá ser distribuido y llevado hasta los sitios y componentes del equipo que lo requieren. Para esto existen tres métodos que son: A plena pérdida, Salpique y Recirculación y sistemas centralizados.

Métodos a plena perdida

Se aplican cantidades relativamente pequeñas de aceite para reponer la película lubricante y remover los contaminantes de la zona de lubricación. El aceite lubrica y luego se pierde, ya sea por evaporación o porque es, desplazado de la zona de lubricación sin opción a recuperárselo.

Elementos de aplicación de aceite a plena perdida

- Alimentación por goteo: aplica pequeñas cantidades de lubricante a un régimen constante. Se usa especialmente para cojinetes simples, algunos engranajes abiertos, cadenas transmisoras de potencia, etc.
- Vasos aceiteros: es similar al sistema anterior pero no garantiza la continuidad en el volumen que dispensa.
- Aceiteras de botella: este sistema suministra aceite a través de un mecanismo de vibración el cual origina un bombeo permanente de lubricante sobre los cojinetes mientras la máquina esté funcionando.
- Aplicación por brocha: un operario, mediante una brocha aplica sobre el elemento a lubricarse. Se utiliza para cables, cadenas y catalinas, engranajes abiertos, etc.
- Lubricadores mecánicos automáticos: este sistema actúa por medio de una leva que acciona un pequeño pistón, o mediante

un gas a presión y un mecanismo de relojería, que suministra el lubricante en las cantidades y frecuencias que se requieren.

- Aceitera por líneas de aire: en este sistema se suministra aceite a una línea de aire comprimido haciéndolo llegar por esa vía a los puntos de lubricación. Se usa mucho para equipos y herramientas neumáticos.

- Aplicación por atomización: es un equipo de atomización de operación manual o automática, usado sobretodo en engranajes abiertos.

Métodos de Salpique y de Bandeja

El aceite se almacena directamente en un depósito debajo de los elementos a lubricar, y estos, en su movimiento, se sumergen parcialmente en el aceite y lo acarrearán hacia otros componentes de la parte superior de la misma caja, o producen un efecto de salpique de aceite que alcanza a otros componentes a lubricarse. Luego el aceite por gravedad cae nuevamente hacia el depósito inferior, en un ciclo continuo. Este tipo de lubricación se encuentra sobretodo en cajas de engranajes encerrados, tanto de uso industrial como automotriz, en transmisiones y frenos húmedos de maquinaria móvil, en engranajes abiertos lubricados por bandeja, en cadenas transportadoras, etc. Muchas veces este método se

acompaña de dispositivos que contribuyen al efecto de acarreo o salpique del lubricante, tales como anillos lubricadores y paletas giratorias.

Sistemas centralizados de lubricación

Se refiere a los sistemas que entregan lubricante, desde un depósito central, a todos los elementos que requieren ser lubricados. Todo el aceite recircula, retornando al depósito central para ser reutilizado. Existen dos tipos de estos sistemas: los de presión y los de gravedad. En ambos se utiliza una bomba de accionamiento mecánico o eléctrico, que impulsa al aceite, en el primer caso, bombeándolo directamente hacia los sitios a lubricarse; y en el segundo caso, bombeándolo a un tanque elevado desde donde fluye por gravedad a los elementos lubricados.

Los Sistemas centralizados de presión están diseñados para grasa o para aceite. La grasa por lo general demanda presiones más altas debido a su menor fluidez. Finalmente debe mencionarse que existen sistemas directos e indirectos de lubricación central presurizada. En los primeros, la bomba presuriza el lubricante y lo alimenta directamente a los puntos de aplicación. En los segundos, la bomba presuriza el

lubricante pero algunas válvulas inyectoras ubicadas en el sistema de distribución se encargan de dosificarlo. Los sistemas centralizados de lubricación permiten incorporar elementos de filtración del aceite, y facilitan la toma de muestras para desarrollar programas de monitoreo del lubricante y mantenimiento predictivo.

2.3.4. Tipos de aceites según su aplicación

Según los equipos en los cuales se van a aplicar, los aceites deben cumplir determinadas exigencias diferenciadas, que vienen determinadas por las características de operación de esos equipos. Indicamos a continuación los más importantes tipos de equipos que utilizan aceites para su funcionamiento, y las exigencias específicas que el aceite debe cumplir en cada uno de ellos:

Motores de combustión interna

Los motores de combustión interna son máquinas que permiten transformar la energía almacenada en un combustible en trabajo mecánico (fuerza y movimiento). Usualmente los motores están constituidos por un block en el cual se encuentran una cierta cantidad de cilindros. Cada cilindro aloja un pistón o émbolo que se desplaza en forma

alternativa y que está conectado a un cigüeñal o eje motor mediante una biela, de modo tal, que al desplazarse el pistón en el cilindro, imprime al cigüeñal un movimiento de rotación. El combustible se quema en el cilindro junto con una cantidad determinada de aire, produciendo una gran cantidad de gases que son los que impulsan al pistón.

En los motores a gasolina se alimenta una mezcla de aire y combustible a los cilindros. Esta mezcla se comprime y luego se produce su ignición a partir de la chispa iniciada en una bujía. En los motores Diesel, en cambio, los cilindros aspiran únicamente aire, el cual alcanza muy altas temperaturas por efecto de la compresión. Cuando se inyecta cantidad necesaria de combustible en la cámara de combustión, la mezcla resultante se inflama por sí misma. De acuerdo al ciclo de trabajo los motores pueden ser de dos o de cuatro tiempos. El motor de cuatro tiempos necesita dos vueltas completas del cigüeñal, o sea cuatro carreras del pistón (admisión, compresión, expansión y barrido) para llevar a cabo la combustión y evacuar los gases de escape del cilindro. En el motor de dos tiempos en cambio el ciclo tiene lugar durante una vuelta completa del cigüeñal, o sea dos carreras del émbolo.

Función del lubricante en motores de combustión interna:

Los motores de combustión interna trabajan en las más variadas condiciones y requieren lubricantes que proporcionen la máxima protección y eficiencia operativa con el mínimo mantenimiento posible. Para ello es preciso que puedan cumplir con las siguientes funciones:

a) Lubricar: aún en los motores correctamente lubricados un porcentaje considerable de la potencia desarrollada se pierde en vencer la fricción entre las partes en movimiento. El lubricante por lo tanto debe reducir la fricción al mínimo, es decir proveer una película eficiente especialmente entre los anillos y el cilindro, tren de válvulas, cojinetes, etc.

b) Refrigerar: debido al calor generado en la combustión algunas partes internas del motor (pistones, bielas, válvulas, etc.) pueden alcanzar temperaturas muy altas. Estas piezas no pueden ser enfriadas por un agente externo como el aire o agua, sólo pueden ser refrigeradas por el lubricante.

c) Sellar: la película lubricante que se forma en algunas zonas como la de los anillos debe ser capaz de contribuir al efecto de sellado y así evitar el pasaje de gases producidos en la combustión al cárter.

d) Mantener limpieza: durante su funcionamiento el motor aspira y genera una gran cantidad de sustancias contaminantes que son agresivas tanto para el motor como para el propio aceite. Los productos de la combustión pueden ser corrosivos debido a las altas temperaturas y a la presencia de agua. Los materiales insolubles en el aceite tales como polvo, partículas y carbón, pueden depositarse en las superficies de trabajo ya sea impidiendo su movimiento y provocando desgaste, o bien bloqueando filtros y conductos. Por ello, el lubricante debe proteger a las superficies internas del ataque de las sustancias corrosivas y mantener a las insolubles en suspensión evitando que se depositen.

Propiedades del aceite para motores de combustión interna:

Para poder cumplir con estas funciones el lubricante debe reunir una serie de propiedades:

a) Viscosidad: es quizás la más importante ya que si un aceite es muy viscoso, no sólo se dificulta su rápida circulación sino también el movimiento de las distintas partes del motor. Es decir que habrá una lubricación inadecuada, con un mayor consumo de potencia. En cambio si el aceite es poco viscoso, la película lubricante no tendrá la suficiente

resistencia para evitar el contacto entre las superficies móviles. La elección de la viscosidad, resulta pues de un justo equilibrio de estos factores. Pero dado que la viscosidad de los aceites varía con la temperatura, y en un motor esta tiene un amplio rango de variación, es necesario además que el aceite mantenga una viscosidad adecuada en el rango de temperaturas de trabajo. Basado en este punto, la Sociedad Americana de Ingenieros Automotrices desarrolló una clasificación, normalizando las medidas de las viscosidades de los aceites a una temperatura determinada y asignándoles una denominación arbitraria.

Los grados destinados a climas fríos, son: 0W, 5W, 10W, 20W y 25W. Estos aceites por ser poco viscosos permiten un fácil arranque y una rápida circulación a bajas temperaturas.

En tanto los grados destinados a climas cálidos son: 20, 30, 40 y 50. Estos aceites debido a su mayor viscosidad, proporcionan una mayor protección del motor con altas temperaturas. En ambos casos, cuanto mayor es el número SAE, mayores la viscosidad del aceite.

b) Índice de viscosidad: dado que un motor puede trabajar en un rango de temperaturas muy amplio, es conveniente que el

aceite tenga un elevado índice de viscosidad. Los aceites multigrado son lubricantes de alto índice de viscosidad y experimentan una menor variación de la viscosidad con la temperatura que los aceites mono grado. Esto hace posible que a bajas temperaturas respondan a la clasificación de algún grado de clima frío pero por otra parte, a altas temperaturas a la de un grado de clima cálido. Los lubricantes multigrados, protegen al motor en un rango más amplio de temperaturas, facilitan el arranque y contribuyen a la economía de consumo de combustible.

c) Estabilidad térmica y a la oxidación: el aceite está sometido a altas temperaturas y a una intensa agitación en presencia de aire y productos de combustión, todo lo cual favorece la oxidación del aceite y la formación de una serie de productos de degradación que deterioran las propiedades de lubricante. Así en los motores de combustión interna los ácidos orgánicos causan corrosión en los cojinetes, las lacas contribuyen al pegado de los aros, y los barro o lodos pueden bloquear filtros o canales de lubricación.

d) Propiedades anti desgaste: cuando los elementos del motor están sujetos a elevadas cargas con posible rotura de la

película lubricante, o bien dónde resulta muy difícil formarla a fin de evitar el contacto metal con metal.

e) Dispersante: debido a la presencia de productos de oxidación, polvo, partículas y hollín, el aceite debe tener buenas propiedades dispersantes a fin de evitar la aglomeración y formación de depósitos.

f) Resistencia a la formación de espuma: cuando el aceite se agita con aire tiende a formar espuma. Si esta es excesiva, por un lado se aceleran los procesos de oxidación y por otro lado puede dar lugar a una rotura de la película lubricante por mal funcionamiento de la bomba.

g) Cenizas sulfatadas: en la combustión inevitablemente se producen ácidos fuertes (especialmente si el combustible tiene un alto contenido de azufre) y agua. Ambos productos pueden dañar los distintos componentes del motor. Por eso es necesario que el aceite tenga una elevada capacidad para combatir a los ácidos y proteger a las superficies de la herrumbre.

Turbinas

Las turbinas son máquinas que convierten la energía dinámica de un fluido (vapor, agua, gas) en trabajo mecánico y se emplean ya sea para propulsión, accionamiento de maquinarias o bien generación de electricidad.

Funciones del lubricante en turbinas

El sistema de lubricación es básicamente un circuito cerrado que incluye una bomba un enfriador y un purificador en el cual el lubricante debe:

- a) Lubricar: los cojinetes y eventualmente los engranajes de reductores de velocidad.
- b) Refrigerar: los cojinetes y engranajes.
- c) Sellar: gases (vapor, etc.).
- d) Transmitir señales de control.
- e) Proteger todo el sistema contra herrumbre y corrosión.

Propiedades del aceite para turbina

Si bien los requerimientos de lubricación son en principio sencillos, las propiedades del lubricante deben permanecer inalteradas a lo largo de miles de horas de servicio continuo a pesar de que el aceite pueda estar expuesto a altas

temperaturas y distintos agentes contaminantes. Para turbinas se requieren:

a) Viscosidad: debido a las elevadas velocidades desarrolladas, en los cojinetes se requiere una viscosidad relativamente baja para minimizar las pérdidas por fricción. Por eso en unidades de mando directo un grado ISO 32 o 46 es suficiente. En caso de tener que lubricar engranajes se adoptan viscosidades mayores.

b) Resistencia a la oxidación: con temperaturas del orden de 600°C para vapor, la temperatura del eje y del aceite en los cojinetes puede alcanzar 300°C de modo que el aceite está sometido a severas condiciones de oxidación, lo cual se ve agravado por el efecto catalítico de algunos metales.

c) Prevención del herrumbre: la contaminación de aceite con agua debido a pérdidas por retenes o condensación en el tanque de alimentación es la principal causa de formación de herrumbre. Las partículas de herrumbre son abrasivas y pueden producir un desgaste anormal en los cojinetes e interferir con la operación del regulador de velocidad.

d) Demulsibilidad: es importante que el agua se separe rápidamente del aceite en la centrífuga o tanque

de decantación. De otro modo, dado las elevadas temperaturas es fácil que se formen emulsiones.

e) Baja tendencia a la formación de espuma: en todo sistema dinámico es usual que se incorpore aire al aceite por agitación. De modo que es muy importante que el aceite tenga una alta resistencia a la formación de espuma y libere rápidamente el aire ocluido.

Sistemas hidráulicos

Los sistemas hidráulicos se emplean extensivamente en la maquinaria industrial con distintas finalidades pero en general las más importantes son: Sistemas de control, transmisión de potencia y multiplicación de fuerza.

Los componentes básicos de un sistema son, el depósito de fluido, la bomba, los actuadores, las válvulas reguladoras de caudal y de comando. La bomba que puede ser de pistón, engranajes o paletas, eleva la presión del fluido y lo hace circular por el sistema. Las válvulas reguladoras controlan la presión y/o caudal del fluido y las de comando dirigen convenientemente el flujo a los distintos actuadores que en definitiva convierten la presión en trabajo útil (por ejemplo pistón y cilindro).

- Funciones del fluido hidráulico

El fluido hidráulico tiene por objetivo lubricar, refrigerar, sellar, proteger y mantener la limpieza y transmitir energía. En este sentido, para la mayoría de las aplicaciones industriales, los aceites minerales son ideales como fluidos hidráulicos. Sin embargo, no resultan adecuados para presiones y temperaturas extremas de trabajo. A muy altas presiones, de producirse la rotura de una línea o manguera, el fluido sería pulverizado y si se emplea un aceite mineral se corre el riesgo de que se produzca la ignición del spray por chispas, superficies calientes circundantes, etc. Para estos casos se han desarrollado fluidos hidráulicos "resistentes al fuego" (emulsiones aceite-agua, agua-aceite, soluciones agua-glicol, y fluidos sintéticos).

Propiedades del aceite en sistemas hidráulicos

a) Viscosidad: la elección de una viscosidad adecuada surge de un balance de distintos requerimientos. Una viscosidad elevada, aumenta el rendimiento volumétrico de la bomba (reduce pérdidas por recirculación) y ofrece mayor protección al desgaste de las piezas móviles pero a su vez aumenta las pérdidas por fricción en el circuito, lo cual se traduce en un incremento de la temperatura de operación y en un mayor

consumo de potencia. Por otra parte, una viscosidad reducida aumenta la eficiencia mecánica (conversión de energía) en la bomba pero se traduce en una pérdida de precisión en los controles. En general es deseable que dentro del rango de temperaturas de operación, la viscosidad del aceite esté comprendida entre los 12 cSt y los 500 cSt. El límite inferior está dado por los requerimientos de lubricación de los rodamientos y partes móviles de las bombas y el superior por las pérdidas de carga en el circuito

b) Protección anti desgaste: dado que dependiendo de las características del sistema, el espesor de película en algunas de las partes móviles puede ser pequeño (servo válvula).

c) Estabilidad a la oxidación: es usual que la temperatura del fluido en el depósito se encuentre entre 25 y 50°C por encima de la temperatura ambiente. Es imposible excluir totalmente al aire del sistema y además es usual que el lubricante esté en contacto con metales que actúan como agentes catalíticos. Por esto es muy importante que el lubricante tenga una elevada resistencia a la oxidación.

d) Baja tendencia a la formación de espuma: la presencia de aire ocluido en el aceite es indeseable ya que aumenta su

compresibilidad, de modo que la respuesta del sistema a una señal de mando sería errática. Por esta razón es importante que el aire incorporado por agitación se libere rápidamente y sin que se produzca excesiva espuma.

e) Demulsibilidad: es importante que el agua que pueda incorporarse al aceite por condensación o contaminación se separe rápidamente y decante en el depósito para que pueda ser purgada. De otro modo se deteriorarían rápidamente las válvulas y bomba.

f) Protección contra corrosión y herrumbre: necesaria para prevenir el ataque de las superficies metálicas por la presencia de agua y aire.

g) Filtrabilidad: se requiere una cuidadosa elección de los aditivos del aceite a fin, de evitar que en presencia de agua, algunos contaminantes reaccionen con los mismos dando lugar a la formación de geles que bloquean los filtros.

Trasmisiones automotrices

Las transmisiones automotrices están construidas por un conjunto de mecanismos que transmiten la potencia desarrollada por el motor a las ruedas en una forma adecuada

al régimen de marcha del vehículo. Los elementos principales de la transmisión, son el embrague que permite acoplar y desacoplar en forma suave y progresiva al motor, la caja de velocidades que permite seleccionar distintas relaciones de transmisión entre la velocidad del motor y la del vehículo e invertir el sentido de marcha, y el diferencial que distribuye la potencia a las ruedas motrices.

- Lubricantes para transmisiones manuales

Por lo general el embrague consta de una placa recubierta de material antifricción que está acoplada al eje de entrada de la caja de velocidades. En la caja a su vez hay una serie de ejes en los que están montados pares de engranajes de distintos diámetros que entran en contacto según la selección efectuada con la palanca de cambios. A cada par de engranajes le corresponde una cierta relación de transmisión o marcha. El diferencial, puede estar ubicado en el eje delantero, en el trasero, en ambos (doble tracción) o bien formando un conjunto con la caja de velocidades lo cual se conoce como caja puente, y básicamente está compuesto por un mecanismo de engranajes (satélites y planetarios). Vemos pues que los distintos elementos mencionados, excepto por el embrague, que prácticamente no requiere lubricación, tienen

al engranaje como elemento principal en común y por lo tanto los aceites empleados deben lubricar y refrigerar las superficies de sus dientes. Sin embargo pueden presentarse condiciones de trabajo, como ser la combinación de altas cargas y bajas velocidades, que dificultan la formación y el mantenimiento de la película lubricante. En estos casos y de acuerdo a la severidad del servicio, se requiere que el lubricante tenga incorporados en su formulación compuestos anti desgaste o extrema presión (EP) capaces de generar una película más resistente. Por otra parte, para asegurar el correcto funcionamiento de los distintos mecanismos, será necesario que el aceite pueda además proteger a las superficies metálicas de la corrosión y el herrumbre, e impedir que se forme excesiva espuma por agitación.

- Requerimientos de lubricación en cajas de velocidad

Las cajas de velocidades pueden estar lubricadas con aceites de cárter de motor o bien con aceites EP como los empleados en los diferenciales, de acuerdo a las condiciones de carga y velocidad. Los diferenciales convencionales, por lo general tienen dentados hipoidales en los que se generan altas presiones de contacto y elevados deslizamientos.

- Lubricantes para transmisiones automáticas

Las transmisiones automáticas constan básicamente de un embrague hidráulico, es decir un conjunto bomba-turbina, una caja de velocidades compuesta por trenes de engranajes que se bloquean mediante frenos y se acoplan mediante paquetes de discos de fricción y una serie de mecanismos auxiliares que operan los cambios de marcha en el momento preciso. Todos estos mecanismos se encuentran reunidos en una caja y a fin de asegurar su correcto funcionamiento el aceite debe lubricar, refrigerar y proteger a los distintos elementos no obstante en este caso particular el aceite es además el elemento que transmite la energía, y es muy importante que su viscosidad sea lo más baja posible y que esta no varíe sensiblemente con la temperatura. Además se requieren ciertas propiedades especiales para evitar que los embragues y frenos que acoplan y bloquean las marchas no patinen. Existen distintas normas y especificaciones que permiten evaluar la performance de los lubricantes de acuerdo al diseño de la transmisión, siendo las más importantes: Dexron (GM), Allison C3 y C4, Caterpillar TO-2 y TO-4, Mercon (Ford).

Compresores

Según su función en el sistema se los puede clasificar en compresores de aire y compresores de refrigeración:

- Compresores de aire y bombas de vacío

Los compresores son máquinas que permiten incrementar la presión de un gas ya sea para: Transmitir energía (sistemas neumáticos), desplazar y almacenar el propio gas (red de gas natural) y procesos industriales varios.

Hay básicamente dos tipos de compresores de aire

a) Desplazamiento positivo: en los cuales la elevación de la presión estática del gas se obtiene disminuyendo su volumen en un espacio confinado mediante el desplazamiento de un elemento móvil. Por ejemplo: alternativo, rotatorio de paletas o tornillo.

b) Dinámicos: la elevación de presión estática se obtiene convirtiendo la energía cinética del gas en energía de presión por ejemplo: centrífugos y axiales.

- Compresores de desplazamiento positivo

a) Compresores alternativos o de pistón

El funcionamiento, la disposición de cilindros y movimientos son similares a los del motor de combustión interna, pero

lógicamente a diferencia de estos, no se produce combustión en la cámara de compresión.

Las funciones que debe cumplir el lubricante son lubricar, refrigerar, sellar y mantener limpieza, por eso las propiedades de los aceites empleados también son en principio similares a las requeridas a un aceite de cárter, aunque con un distinto balance ya que las presiones y temperaturas generadas son menores. El principal problema relacionado con la lubricación es la formación de depósitos carbonosos en la descarga del compresor, (válvulas y otras partes de elevada temperatura) cuya acumulación progresiva puede dar lugar a riesgos de explosiones e incendios por combustión espontánea. Es por esta razón que además de tener buenas propiedades anti desgaste, anticorrosivas, antiespumantes, y antioxidantes se requiere una baja tendencia a la formación de residuos carbonosos.

b) Compresores rotativos

En los compresores de paletas, el aire es comprimido por reducción del volumen limitado por las paletas deslizantes y el rotor que gira en forma excéntrica al estator. En los

compresores de tornillo, el aire es comprimido por el giro del tornillo macho sobre el hembra.

Si bien hay compresores (pequeños) en los cuales el lubricante no toma contacto con el aire, es decir que solo lubrica los cojinetes del rotor o los tornillos, en la mayoría de las aplicaciones se inyectan una gran cantidad de lubricante a la cámara de compresión con el fin de lubricar las partes móviles y de refrigerar el aire comprimido. En este último caso como se tiene una considerable cantidad de aceite en la descarga, éste debe ser retenido en un separador a la salida del compresor, enfriado y vuelto al compresor. Por lo general el separador cuenta además con filtros coalescentes para optimizar la retención. Como la eficiencia de los filtros y su vida útil se ve muy afectada por la formación de residuos carbonosos es importante que además de las propiedades mencionadas, el lubricante tenga una elevada dispersancia.

- Compresores dinámicos

En los compresores dinámicos ya sean axiales o centrífugos, no hay contacto entre el aire y el lubricante, y este por lo

general solo lubrica los cojinetes del rotor. Las exigencias de lubricación son similares a las de un aceite para turbina.

- Compresores de refrigeración

Los sistemas de refrigeración por compresión se emplean en una gran variedad de aplicaciones domésticas e industriales. Los componentes principales del sistema son: el compresor, el condensador y el evaporador.

En el evaporador o unidad enfriadora, el fluido refrigerante que tiene un bajo punto de ebullición a presión atmosférica, toma calor del medio a refrigerar y se evapora. Los gases son aspirados por el compresor y enviados al condensador a alta presión y temperatura. Allí condensan entregando calor al medio ambiente y el líquido condensado retorna al evaporador previa reducción de presión en una válvula de expansión. El compresor que es el corazón del sistema puede ser alternativo o rotativo y en las unidades herméticas forma una unidad sellada con el motor eléctrico que lo acciona.

Entre las funciones del lubricante el aceite debe lubricar únicamente al compresor, por eso las funciones son similares a las mencionadas en compresores de aire. Sin embargo, hay una serie de requerimientos adicionales dado que el lubricante

entra en contacto con el refrigerante y dependiendo del grado de miscibilidad de ambos es inevitable que un cierto porcentaje circule junto al fluido por todo el sistema.

La cantidad de aceite disuelta en el refrigerante depende de la naturaleza de ambos y de las presiones y temperaturas de operación. En este sentido, es posible clasificar a los productos en totalmente miscibles, parcialmente miscibles o inmiscibles. Cuando la miscibilidad es total, el aceite y el refrigerante forman una única fase a cualquier temperatura y concentración. En cambio si la miscibilidad es parcial, cuando la temperatura es inferior a la denominada temperatura crítica, se produce una separación en dos fases: una más rica en lubricante y otra más rica en refrigerante lo cual tiene una serie de consecuencias en la operación del sistema. Por ejemplo si la separación se produce en el evaporador, se tenderá a acumular lubricante en la serpentina, lo cual reduce la eficiencia de transmisión de calor de la misma y puede eventualmente dejar al compresor sin lubricación. Por esta razón el tipo de refrigerante empleado y el tipo de instalación determinan la elección del lubricante.

Las propiedades del aceite en compresores:

a) Viscosidad: el aceite debe tener una viscosidad suficiente para soportar altas temperaturas en la descarga del compresor sin que por ello sea muy elevada a las bajas temperaturas que se registran en la succión. Es decir que se requiere un aceite con el mayor índice de viscosidad posible. Además debe tomarse en cuenta el efecto de dilución del aceite por el refrigerante (miscibilidad).

b) Bajo punto de escurrimiento: para sistemas que emplean lubricantes no miscibles con el refrigerante el punto de escurrimiento es una indicación de la mínima temperatura de trabajo.

c) Bajo punto de floculación: para sistemas que emplean lubricantes miscibles con el refrigerante el punto de floculación es la mejor indicación de la mínima temperatura de trabajo.

d) Buena estabilidad química y térmica: el aceite está en contacto con una variedad de metales (que actúan como agentes catalíticos) y con el refrigerante, en un rango de temperaturas muy amplio, con el riesgo de que se produzcan reacciones químicas adversas (formación de depósitos

carbonosos). Es recomendable el empleo de aceites con una elevada estabilidad química y resistencia a la oxidación.

Transformadores eléctricos

Los transformadores son aparatos destinados a cambiar la tensión o voltaje de una corriente alterna sin modificar su frecuencia. El uso de transformadores permite generar y transportar económicamente la energía eléctrica a elevadas tensiones para luego reducirlas a las tensiones habituales de utilización.

A pesar de que la eficiencia de transformación es elevada (97-99%) siempre existen pérdidas que provocan un aumento de temperatura en el núcleo y los bobinados. Entonces, salvo los transformadores pequeños que pueden estar refrigerados por aire, los de mayor tamaño requieren un enfriamiento mediante un aceite que circula en su interior ya sea por convección natural o forzada.

Funciones del aceite en transformadores eléctricos

Básicamente el aceite para transformadores debe cumplir con dos funciones Refrigerar, es decir disipar el calor generado y Aislar los bobinados entre sí, con el núcleo y carcasa.

Propiedades del aceite en transformadores eléctricos:

a) Baja viscosidad: como en general la circulación de aceite es por convección natural, si el aceite es muy viscoso no se tendrá una buena circulación y al no ser eficiente el efecto refrigerante se producirá un recalentamiento del transformador.

b) Bajo punto de escurrimiento: muchos transformadores se encuentran a la intemperie es necesario que el aceite tenga buena fluidez a bajas temperaturas.

c) Alta estabilidad a la oxidación: como la vida útil del aceite debe ser prolongada, es esencial evitar la formación de productos de degradación resultantes de la oxidación que aumentan la acidez, la viscosidad del aceite y su capacidad de aislación

d) Alta rigidez dieléctrica: la rigidez dieléctrica es una de las formas empleadas para definirla capacidad de aislación y está vinculada a consideraciones de seguridad del equipo y da una idea de la tensión necesaria para que se produzca un arco eléctrico (descarga) entre el bobinado y la carcasa o el núcleo. La rigidez dieléctrica se ve muy afectada por la presencia de humedad y otros contaminantes.

e) Alta resistividad: la resistividad es otra forma de evaluar la capacidad aislante y es una medida de la resistencia al flujo de corrientes de pérdida dentro del transformador.

f) Bajo factor de disipación: cuando se somete al aceite a un campo eléctrico alterno inevitablemente se inducen corrientes de modo una pequeña parte de la energía entregada se pierde y se transforma en calor. El factor de disipación es una medida de dicha pérdida, y dado que las corrientes inducidas son proporcionales a la tensión de trabajo, es muy importante que en los transformadores de alta tensión el factor de disipación sea lo más bajo posible

Otros tipos de equipos, aunque de menor importancia por la extensión de su uso, que merecen ser mencionados por las exigencias específicas que hacen sobre los aceites con los cuales funcionan son: **Sistemas Térmicos** en los cuales un aceite cumple la función de trasmisor de calor, llevándolo desde un generador (caldero o quemador) hacia otra zona en la que entrega el calor a los materiales que lo requieren para su proceso productivo. Se usan sistemas térmicos con aceite en plantas asfaltadoras para fundir el asfalto, en industria alimenticia para cocción, en tratamientos térmicos de

materiales metálicos, en industrias mezcladoras de fluidos, donde se requiere de una temperatura alta para homogenizar las mezclas, etc. Los aceites térmicos deben ser de bajas viscosidades para facilitar su flujo, de alta resistencia a la oxidación térmica y tener buena conductividad térmica. Los **Sistemas y Herramientas Neumáticas**, en los cuales el aceite se nebuliza en la corriente de aire, que lo arrastra y deposita sobre las piezas a lubricar. Los aceites deben tener buenas características anti desgaste, propiedades anti herrumbre, y además deben emulsionarse con el agua libre presente en la corriente de aire, a fin de impedir que la humedad se deposite sobre las piezas metálicas.

2.4. Degradación y contaminación de aceites en uso y su medición

Los aceites lubricantes, a medida que cumplen su tarea, sus propiedades físicas y químicas se modifican, producto del efecto combinado de la contaminación con sustancias extrañas y de la degradación química de sus bases lubricantes. Por esta razón, los aceites lubricantes tienen una determinada vida útil, luego de la cual dejan de cumplir adecuadamente su función, y deben ser cambiados. Vamos a tratar a continuación en detalle estos dos efectos producidos en los aceites por las condiciones en que operan: Degradación química (Oxidación y Nitración) de un lado, y

Contaminación, del otro. Seguidamente se analizó los cambios que sufren las propiedades físicas y químicas de los aceites conforme se deterioran.

2.4.1. Oxidación y Nitración

Las bases lubricantes sufren un doble tipo de degradación química: la Nitración y la Oxidación.

La Nitración es la reacción química del aceite con los óxidos nitrosos (NO, NO₂, N₂O₄) que se forman al quemarse el combustible en los motores de combustión interna con presencia de un exceso de oxígeno. La Nitración forma compuestos ácidos disueltos en el aceite, y depósitos sólidos en las zonas de combustión, que aceleran la oxidación del aceite. Una excesiva nitración del aceite de motor puede deberse a: exceso de gases de combustión que pasan al cárter, deficiente ventilación del cárter, mala mezcla aire-combustible y baja temperatura de trabajo.

La Oxidación del aceite ocurre a altas temperaturas, cuando el aceite en contacto con el oxígeno del aire se oxida dando lugar a compuestos con grupos carbonilos (C=O), como ésteres, cetonas y ácidos carboxílicos. Estos productos o bien se disuelven o bien permanecen suspendidos en el aceite

debido a la acción de los aditivos dispersantes. Los ácidos carboxílicos contribuyen a la acidificación del aceite y al consumo de su reserva alcalina proporcionada por los aditivos detergentes – dispersantes y antioxidantes.

La estabilidad a la oxidación de los aceites se mide mediante el método RBOT (ASTM D-2272), que utiliza un recipiente a presión con oxígeno, y en presencia de agua y cobre catalítico a 150°C. Tiempos típicos de este ensayo son de 2 a 30 horas. Se puede también determinar por el nivel de oxidación y nitración de un aceite en uso por medio de espectrometría Infrarroja por medio de la transformada de Fourier (FTIR Norma ASTM E-2412). En este ensayo el espectro del lubricante en uso se compara con el espectro del mismo lubricante nuevo, que sirve de línea base para analizar la degradación por oxidación y nitración. Este ensayo permite a la vez, determinar contaminantes como hollín, agua, glicol, y combustible y parámetros de condición como TBN Y TAN.

2.4.2. Contaminación

Los principales contaminantes de los aceites lubricantes son los siguientes:

- Agua.

- Combustible.
- Carbón y Hollín.
- Sílice y Metales de Desgaste.
- Otros sólidos (microorganismos y fibras).
- Otros Líquidos (Glicoles y otros aceites).

En general, los contaminantes líquidos tienden a estar en disolución o en el caso del agua, en estado libre cuando ha sobrepasado su nivel de saturación. Cada uno de ellos (combustible, agua, glicoles, otros aceites) requiere un tratamiento distinto para medirse y neutralizarse.

Los sólidos, en cambio, se presentan en forma de partículas en suspensión, e indistintamente del tipo (Carbón y Hollín, Sílice y metales de desgaste, u otros sólidos), el efecto de su nivel de presencia sobre el desgaste de las superficies es directo, y se pueden medir en conjunto. En los últimos años se ha desarrollado y extendido mucho el concepto de “nivel de limpieza”, referido al contenido en el aceite de partículas sólidas de acuerdo a su tamaño. Este parámetro tiene mucha importancia en equipos que trabajan con aceites circulando a presión, y donde las holguras entre los componentes son muy estrechas, como es el caso de los sistemas hidráulicos y

equipos lubricados con centrales de lubricación (turbinas, trenes de laminación, máquinas de papel).

Para determinar el nivel de limpieza o el nivel de partículas contaminantes sólidas en el aceite, nos remitimos al código ISO de limpieza, el cual ha ido cambiando debido a las exigencias que se presentan en los equipos. El código ISO vigente en la actualidad es el 4406:1999 el cual hace referencia al número de partículas mayores a 4, 6 y 14 $\mu\text{m(c)}$ en un milímetro cúbico de aceite de muestra. Se expresa mediante tres números separados por barras. Así, un aceite de grado de limpieza ISO 16/14/12 indica que se hallan en el aceite entre 330 y 640 (rango 16) partículas mayores a 4 $\mu\text{m(c)}$, entre 80 y 160 (rango 14) partículas mayores a 6 $\mu\text{m(c)}$ y entre 20 y 40 (rango 12) partículas mayores a 14 $\mu\text{m(c)}$. Este es el caso de un aceite en el cual encontramos 430, 90 y 22 partículas mayores a 4, 6 y 14 $\mu\text{m(c)}$ respectivamente. La nomenclatura (c) dice que la medición se hizo con un contador automático de partículas calibrado según norma ISO 11171.

La cantidad de partículas mínima y máxima de cada rango de acuerdo a la norma ISO está indicada en la figura 2.7.

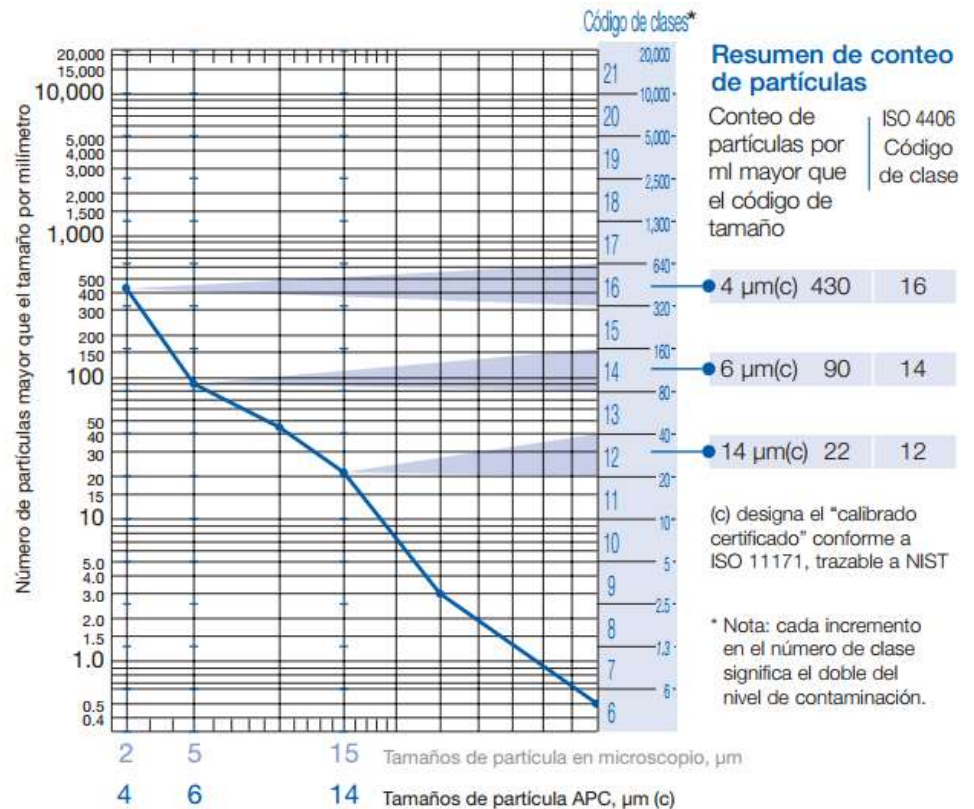


Figura 2.7 Conteo de partículas ISO 4406:1999 [5]

La desventaja de este método es que no se puede determinar el tipo de material contaminante. A continuación se describe en profundidad cada uno de los materiales contaminantes de los aceites.

2.4.2.1. Agua

El agua está presente siempre en el ambiente. Coexiste con el aceite de la misma manera que coexiste con el aire en la atmósfera. En pequeñas cantidades, está en fase disuelta, es decir intercalada

molécula a molécula. El agua no se nota a simple vista y el aceite puede lucir brillante y limpio. Cuando se sobrepasa el punto de saturación, entramos a la fase de emulsión, el agua se muestra como una niebla, tal como la humedad en el aire en un día frío. A mayores cantidades de agua, y dependiendo de las características demulsificantes del aceite, agua libre, o “separada” se deposita al fondo del reservorio, gracias a su mayor peso específico.

El punto en el cual el aceite puede contener la mayor cantidad de agua disuelta se llama el punto de saturación. Su valor depende de la temperatura, de la edad del aceite, y de la composición de aditivos. A mayor temperatura, mayor es la cantidad de agua que se puede mantener disuelta. Los aceites más viejos, pueden contener mayor cantidad, debido a los subproductos de la oxidación, que actúan como receptáculos de moléculas de agua. En forma similar, aceites altamente aditivados, como los aceites de motor, tienen un punto de saturación mucho más alto que los aceites poco aditivados, como los aceites de

turbina, debido a que los aditivos, también reciben moléculas de agua y las conservan en solución.

La contaminación por agua del lubricante es uno de los problemas más graves que puede sufrir un mecanismo lubricado, ya que puede dar lugar a las siguientes situaciones:

- a) Pérdida de las propiedades viscosas del lubricante, generando espumas y lodos, que pueden llegar a saturar los filtros y a obstruir los canales de lubricación.
- b) Degradación por corrosión de los elementos metálicos al actuar el agua como electrolito.
- c) Aceleración de la oxidación del lubricante, al ser el agua una fuente adicional de oxígeno.
- d) Deterioro de los aditivos y de su desempeño, por hidrólisis, formación de ácidos y disolución.
- e) Medio de presencia de otros contaminantes, tales como ceras, óxidos, e incluso micro-organismos.

La entrada de agua al sistema puede proceder de la condensación de la humedad del aire, de los circuitos de líquido refrigerante con perforaciones o sellos en mal estado, o del agua filtrada al realizar tareas de limpieza de la planta.

Para determinar el porcentaje de agua en volumen en un lubricante se emplean los siguientes métodos:

- Agua por destilación (ASTM D-95):

Este ensayo determina el porcentaje de agua en el intervalo 0 a 25% de volumen por el método de destilación. El cual consiste en calentar el material a ensayar a reflujo con un disolvente inmiscible en agua, que co-destila con el agua en la muestra. El solvente condensado y el agua son continuamente separados en una trampa, el agua se sedimenta en la sección graduada de la trampa donde se mide. La figura 2.8 muestra el equipo básico necesario para realizar este método.

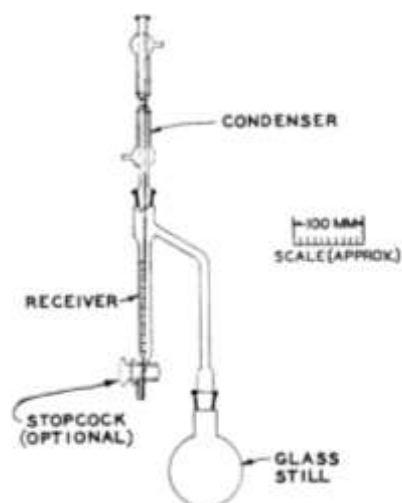


Figura 2.8 Equipo de agua por destilación [6]

- Valoración mediante reactivo de Karl Fischer (ASTM D6304):

Este método de ensayo permite determinar en forma directa cantidades en el intervalo de 10 a 25 000 mg / kg de agua en el aceite, utilizando instrumentación automatizada. El método consiste en adicionar pequeños volúmenes de una sustancia que reacciona con el agua hasta que se la neutraliza totalmente. Midiendo la cantidad de sustancia consumida se determina directamente el porcentaje de humedad en la muestra.

Por Espectrometría infrarroja: es posible determinar la cantidad de agua presente en el aceite. Realizando

comparaciones entre el espectro del lubricante nuevo, el espectro del agua y el espectro del aceite usado.

2.4.2.2. Dilución de combustible

La presencia de combustible en el lubricante, da lugar a una disminución de la viscosidad, pudiéndose producir situaciones de pérdida de la capa de lubricación y generar un agarrotamiento o fundición de los elementos metálicos en contacto. La contaminación es debida principalmente a la entrada de combustible procedente de inyectores con fugas, los cuales gotean de manera continua, llegando el combustible al cárter.

Las técnicas empleadas en el laboratorio para detectar el combustible son:

- Cromatografía de gases: es el método más exacto de determinación, los compuestos específicos del combustible aparecen como picos de concentración, cuanto mayor sea su porcentaje mayor será la concentración.
- Espectrometría infrarroja: es posible detectar la presencia de combustible en el aceite realizando

comparaciones entre el espectro del lubricante nuevo, el espectro del combustible empleado por el motor y el aceite usado.

- Punto de inflamación: es un método indirecto de análisis, ya que se cuantifica la disminución del punto de inflamación, directamente relacionada con el contenido de combustible en el lubricante.

2.4.2.3. Carbón y hollín

La materia carbonosa insoluble presente en un lubricante se relaciona directamente con:

- Estado de degradación del lubricante.
- Eficacia de los filtros.
- Cantidad de carbón y hollín procedente de la combustión.

Por ello es muy útil conocer su valor para la realización del diagnóstico del motor, así como seguir su evolución con el tiempo. Los métodos analíticos empleados para determinar los insolubles son:

- Proceso de disolución con tolueno y pentano de una muestra de lubricante: los insolubles en pentano representan el total de los productos insolubles

presentes en el lubricante. Los insolubles en tolueno corresponden a los productos de procedentes de contaminación externa, corrosión y desgaste de los mecanismos lubricados y al carbón formado en una combustión incompleta del combustible o a una posible coquización del lubricante. La diferencia de peso entre ambos tipos de insolubles representa la cantidad de compuestos procedentes de la degradación del lubricante como son asfaltos, resinas, barnices o lodos.

- Filtrado mediante membranas: se hace pasar la muestra por una membrana de tamaño de poro determinado, empleando un disolvente para facilitar el proceso, la diferencia de peso de la membrana una vez evaporado el disolvente dará el porcentaje de materia insoluble existente en el lubricante.

- Espectrometría infrarroja (FTIR): es el mismo equipo empleado para determinar la oxidación del lubricante, es capaz de determinar la cantidad de hollín presentes en el lubricante comparando el espectro del

aceite nuevo con el usado por medio de la cantidad absorbida del lente infrarrojo.

2.4.2.4. Sílice y metales de desgaste

A lo largo capítulo 1 en el apartado de desgaste se analizó a detalle los diferentes tipos de desgaste mecánico que tienen lugar en mecanismos lubricados, basándonos en ello describiremos los principales tipos de sílice y metales generados y sus características morfológicas. Para posteriormente presentar las técnicas de análisis empleadas para cuantificar estas partículas que se encuentran en el aceite lubricante.

Partículas de Sílice

Las partículas de polvo en suspensión en la atmósfera pueden pasar al sistema de lubricación, sobre todo si no existe una correcta estanqueidad.

– Polvo de silicatos: son partículas brillantes, se asemejan a diminutos fragmentos de vidrio. Tienen una elevada dureza pudiendo llegar a rayar el acero.

Partículas de desgaste normal

Estas partículas corresponden al desgaste normal que generan los cuerpos metálicos en contacto (desgaste adhesivo). Su forma es similar a diminutas escamas metálicas, de un tamaño nunca superior a los 15 μm . Su superficie es lisa y no suelen presentar colores de oxidación.

Partículas de deslizamiento

Las partículas de deslizamiento proceden del desgaste generado por fenómenos de adhesión y abrasión, principalmente a velocidades o cargas excesivas o a un fallo en la lubricación del elemento. Las partículas de deslizamiento presentan las siguientes características:

- Estriaciones paralelas en la superficie, generalmente en la dirección de la dimensión mayor, además se observan claramente los bordes rectos y perfiles afilados.
- Oxidación por sobrecalentamiento, habitualmente presentan colores que denotan las altas temperaturas generadas durante la formación de la partícula.

Partículas por corte

Este tipo de partículas se debe a fenómenos de desgaste por corte, la presencia de las mismas es indicativa de fallos importantes en el funcionamiento de la máquina. Las partículas de corte tienen aspecto de virutas rectas, curvadas o incluso en forma de espiral, con una relación entre longitud y anchura elevada, habitualmente de 50:1. Existen dos tipos principales:

Partículas debidas a asperezas duras en las superficies en contacto: son partículas relativamente grandes, de 2 a 5 μm de anchura y una longitud superior a las 30 μm .

Partículas debidas a partículas duras circulando en el aceite: son pequeñas, de 1 μm de ancho y de una longitud inferior a los 30 μm .

Partículas por fatiga

Las partículas de fatiga tienen su origen en elementos con sobrecargas cíclicas principalmente, aunque también pueden aparecer por un montaje incorrecto de las piezas (falta de alineación o desequilibrado).

Estas partículas son también típicas en cojinetes, así como en elementos con fricción por rodadura.

Medición de sílice y metales de desgaste

La medición cuantitativa del contenido de sílice y metales de desgaste en una muestra de aceite lubricante se realiza con un equipo de Espectrometría (de emisión atómica y absorción atómica).

- Emisión atómica:

El método de emisión atómica puede ser generado por plasma o por un arco eléctrico según sea el caso, este método se fundamenta en emitir energía para excitar la muestra en átomos o iones en estado gaseoso y poder determinarlos por medios espectrales diferentes para cada metal de desgaste.

- Absorción atómica

Este tipo de equipo quema una cierta cantidad de muestra del aceite y mide el espectro luminoso producido. Cada metal genera un espectro característico y único, y la intensidad de cada espectro indica la concentración de cada metal en la muestra.

Paralelamente, la técnica de ferrografía analiza de manera exhaustiva forma y tamaño de las partículas presentes en el lubricante, pudiendo inferir tanto el tipo de desgaste que está sufriendo el elemento lubricado, como la composición metálica de las partículas, relacionándolas directamente con la zona o pieza específica que se está desgastando. Las partículas metálicas presentes en el lubricante se pueden aislar y extraer mediante las siguientes técnicas:

- Ferrógrafo gravimétrico: se realiza una separación magnética de las partículas, haciéndolas fluir por un plano inclinado.

- Ferrógrafo rotatorio: también se realiza una separación magnética, junto con el empleo de la fuerza centrífuga (en lugar de la fuerza gravitatoria) para realizar una ordenación de las partículas.

- Filtrado con membranas: las partículas quedan retenidas sobre un filtro de membrana de un tamaño de poro definido.

2.4.2.5. Otros contaminantes

En este último grupo se mencionan contaminantes minoritarios, pero que pueden encontrarse en los sistemas de lubricación.

Fibras

Las fibras suelen ser contaminantes exteriores que han penetrado al sistema de lubricación por falta de estanqueidad, no obstante, en ocasiones estas fibras pueden tener su origen en una degradación del material del filtro de aceite.

Fibras orgánicas: son curvadas, con los extremos desgarrados, los tratamientos térmicos las suele carbonizar o fundir. Principalmente proceden de restos de tejidos de limpieza que entran al sistema como contaminantes. En este grupo también se han incluido las fibras de celulosa, que componen los papeles de limpieza y que se diferencian de las fibras sintéticas industriales por tener aspecto aplanado y rugoso.

Fibras de amianto (origen mineral): son fibras rectas de una longitud variable, suelen tener los extremos

puntiagudos y es frecuente encontrar fibras de mayor espesor formadas por haces de varias decenas de fibras. Responden a la luz polarizada mostrándose de un color blanco brillante.

Fibras de vidrio (origen mineral): son fibras rectas de longitud variable, al igual que las fibras de amianto suelen proceder de restos de materiales aislantes térmicos que penetran con el aire del exterior.

Las fibras de origen orgánico suelen tener una baja dureza, su presencia en el sistema de lubricación suele conllevar problemas de saturación de filtros; las fibras de origen mineral, además de los mismos problemas en los filtros, pueden desencadenar desgastes abrasivos en los elementos lubricados al tener una elevada dureza

Polímeros de fricción

Los polímeros de fricción proceden de la polimerización de parte de las moléculas del lubricante, debido a las altas temperaturas, presiones de trabajo y procesos oxidativos. Su presencia en

elevadas concentraciones aumenta la viscosidad del aceite y puede dar lugar a la saturación de los filtros.

Restos biológicos

Es posible detectar en muestras de lubricantes granos de polen, fragmentos de vegetales o restos del exoesqueleto de insectos. Todos estos tipos de partículas son indicativos de fallos en los sellos, tapas o respiraderos de la instalación que permiten la entrada desde el exterior de estos contaminantes. La presencia de restos biológicos suele ir asociada a la entrada de polvo mineral, fibras e incluso humedad al circuito.

Glicoles

Son líquidos utilizados en la fabricación de los fluidos refrigerantes para motores de combustión interna. Fallas en los sellos y empaques dan lugar a su paso al aceite, afectando su viscosidad y deteriorando químicamente algunos de los aditivos usados en los aceites de motor.

Otros Aceites

La contaminación de un aceite con otro es frecuente en la industria, y proviene de errores al completar los niveles de los lubricantes, añadiéndose un producto diferente al indicado. Cuando se trata del mismo tipo de aceite (de motor, o hidráulico, o de turbina) el daño puede ser pequeño, y estar reducido a una variación en la viscosidad, aunque debe mencionarse que ciertos aceites son exclusivos para un cierto tipo específico de motor, como el caso de los aceites que usan aditivos anti desgaste libres de zinc, formulados para motores cuyos cojinetes se fabrican con una aleación de plata. El Zinc produce un efecto galvánico que acelera notablemente el desgaste de estos cojinetes. Otro problema notable ocurre cuando se rellena un sistema hidráulico con aceites de motor, en cuyo caso se afectan gravemente las capacidades antiespumantes y demuilsificantes del aceite hidráulico contaminado.

2.4.3. Variación de parámetros físicos y químicos

En el apartado 2.2 se describió los principales parámetros físico-químicos de los aceites lubricantes. En esta sección, la

tabla 4 muestra las causas que pueden modificarse estos parámetros causando alteraciones en el desempeño del lubricante. Es importante notar que en ciertos casos, actúan simultáneamente factores que tienden a elevar y a disminuir un cierto parámetro, lo que da como resultado que su valor original se puede equilibrar sin notarse cambio alguno.

Tabla 4 Variación de parámetros físicos y químicos

CAUSAS DE VARIACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS		
PARÁMETROS	AUMENTO	DISMINUCIÓN
COLOR	<ul style="list-style-type: none"> - Oxidación - Cambios Químicos - Mezcla - Contaminación 	- Mezcla
VISCOSIDAD	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación con hollín / sólidos insolubles - Agua - Oxidación - Mezcla con aceite de mayor viscosidad - Evaporación 	<ul style="list-style-type: none"> - Dilución por combustible - Fractura del índice de viscosidad - Mezcla con aceite de menor viscosidad
AGUA	<ul style="list-style-type: none"> - Baja temperatura de operación - Sellos defectuosos - Filtración del refrigerante - Enfriador de aceite dañado - Culata rajada - Clima con mucha humedad - Subproductos de combustión 	-
OXIDACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Temperaturas elevadas de operación - Períodos entre cambios de aceite muy prolongados - Paso de gases de combustión al cárter 	-

	<ul style="list-style-type: none"> - Subproductos de combustión en el aceite - Formación de lacas y barnices - Deficiencias en el sistema de enfriamiento 	
TAN	<ul style="list-style-type: none"> - Productos de Oxidación - Productos de Nitración - Productos de combustión - Otros aditivos - Mezclas 	<ul style="list-style-type: none"> - Agotamiento cantidad del aditivo - Mezclas
TBN	<ul style="list-style-type: none"> - Mezcla con aceite de mayor TBN 	<ul style="list-style-type: none"> - Agotamiento normal del aditivo por neutralización de productos ácidos - Uso del aceite por tiempos prolongados - Combustible con elevado azufre - Mezcla con aceite de menor TBN
PUNTO DE INFLAMACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Craqueo - Evaporación - Mezcla 	<ul style="list-style-type: none"> - Dilución por combustible <p style="text-align: center;">-</p>
DILUCIÓN POR COMBUSTIBLE	<ul style="list-style-type: none"> - Mezcla inadecuada aire/combustible - Demasiado tiempo de trabajo en mínimo - Viajes cortos sin que pueda calentar el motor - Inyectores mal calibrados o defectuosos - Fugas en la bomba de inyección - Combustión incompleta 	<p style="text-align: center;">-</p>

Fuente: The practical handbook of machinery lubrication

CAPITULO 3

3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y ANÁLISIS DE ACEITES

El mantenimiento predictivo se basa en la predicción física de fallas de un determinado componente, máquina o equipo a causa de:

- Las condiciones en que se esté operando la maquinaria o equipo.
- La antigüedad que pueda tener la maquinaria o equipo, lo cual condicionaría el desgaste o falla por fatiga de sus componentes.

Se puede describir que el mantenimiento predictivo no solo significa el establecer las inspecciones de las máquinas o equipos sino tener un diagnóstico sobre su estado.

La efectividad de su aplicación se basa principalmente de la validez del diagnóstico disponible y en la frecuencia de las intervenciones de inspección.

3.1. El mantenimiento mecánico. Aspectos generales

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función del mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial eran los propios operarios quienes se encargaban de las reparaciones de los equipos. Conforme las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos.

Luego de la Primera Guerra Mundial y, sobre todo, a partir de la Segunda, aparece el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento buscan no sólo solucionar las fallas que se producen en los equipos sino además prevenirlas, es decir, actuar para que no se produzcan. Esto supone crear una nueva figura en los departamentos de mantenimiento, personal cuya función es estudiar qué tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas.

El personal indirecto, que no está involucrado directamente en la realización de las tareas, aumenta, y con él los costes de mantenimiento. Pero se busca aumentar y la buscar la fiabilidad de la producción, evitar las pérdidas por averías y sus costes asociados. De este modo aparecen casi sucesivamente diversos métodos de mantenimiento, cada uno aplicado a las necesidades concretas de cada proceso industrial: El mantenimiento correctivo (es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos), el Mantenimiento Preventivo (revisiones y limpiezas periódicas y sistemáticas), el Mantenimiento Predictivo (análisis del estado de los equipos mediante el análisis de variables físicas), el Mantenimiento Proactivo (implicación del personal en labores de mantenimiento).

Como se puede comprobar, las diferentes técnicas de mantenimiento han ido evolucionando a lo largo del último siglo en función de las carencias que se observaban en cada uno de los modelos de mantenimiento al aplicarlos a la situación industrial real, de manera que unas engloban a otras, algunas interactúan entre ellas, y todas se han ido adaptando a los nuevos usos de la industria.

3.1.1. Tipos de mantenimiento mecánico

Tradicionalmente, se han distinguido cuatro tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de

las tareas que incluyen, a continuación se puede ver la figura 3.1 referente a tipos de mantenimiento con respecto al tiempo de falla:

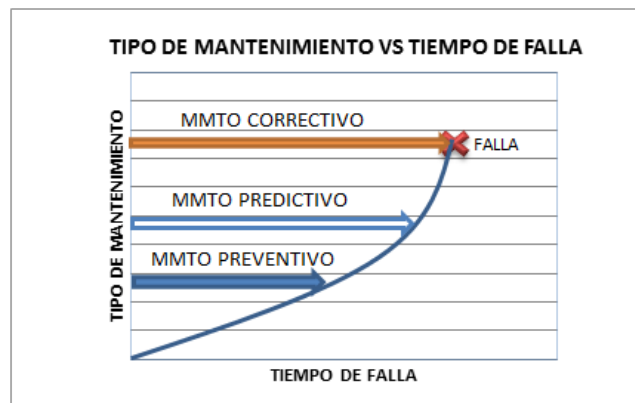


Figura 3.1 tipo de mantenimiento vs tiempo de falla

Mantenimiento Correctivo:

Es el tipo de mantenimiento más básico, en el que se deja funcionar al equipo y no se controla hasta que no se produce una avería, es conveniente observar el equipo al menos una vez al mes, y lubricarlo con productos adecuados a sus características. Las inspecciones visuales prácticamente no cuestan dinero (estas inspecciones estarán incluidas en unas gamas en las que se tiene que observar otros equipos cercanos, por lo que no se necesitará destinar recursos expresamente para esa función). Esta inspección permitirá detectar averías de manera prematura, y su resolución

generalmente será más barata cuanto antes se detecte el problema. La lubricación siempre es rentable, aunque sí representa un coste (lubricante y la mano de obra de aplicarlo), en general es tan bajo que está sobradamente justificado, ya que una avería por una falta de lubricación implicará siempre un gasto mayor que la aplicación del lubricante correspondiente, además en este tipo de mantenimiento incluye la reparación de averías que surjan. Es aplicable a equipos con el más bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema, ni económico ni técnico. En este tipo de equipos no es rentable dedicar mayores recursos ni esfuerzos.

Mantenimiento Preventivo:

Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

Mantenimiento Predictivo:

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el

conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos y físicos.

Las medidas en las cuales se basa la aplicación y uso del mantenimiento predictivo en la actualidad son:

- El sistema y la frecuencia rigurosa de la inspección
- La confianza de los diagnósticos incluyendo los requisitos para componentes de la maquinaria de difícil acceso y utilizando instrumentos que garanticen su fiabilidad.

Mantenimiento Proactivo:

Mantenimiento proactivo está basado en los métodos predictivos, pero para identificar y corregir las causas de los fallos en las máquinas, es necesario una implicación del personal de mantenimiento.

Estos sistemas sólo son viables si existe detrás una organización adecuada de los recursos disponibles, una

planificación de las tareas a realizar durante un periodo de tiempo, un control exhaustivo del funcionamiento de los equipos que permita acotar sus paradas programadas y el coste a él inherente, y una motivación de los recursos humanos destinados a esta función, acordes al sostenimiento de la actividad industrial actual.

El mantenimiento predictivo va de la mano con el mantenimiento proactivo, se podría decir que el mantenimiento proactivo es la aplicación de este mantenimiento. En la figura 3.2 se puede apreciar esta correlación.



Figura 3.2 Mantenimiento proactivo [7]

3.1.2. Herramientas del mantenimiento predictivo

Son varias las Herramientas que se pueden aplicar al campo del mantenimiento predictivo. A continuación se detallan:

3.1.2.1. Medición de vibraciones

Uno de los parámetros principales aplicables en el mantenimiento predictivo, lo constituye el establecer la magnitud de la vibración de la maquinaria industrial.

Mediante la medición de vibraciones se puede determinar una gran cantidad de defectos, en una amplia gama de máquinas con una inversión económica inicial razonable. La vibración es uno de los indicativos más claros del estado de una máquina donde los defectos más comunes son:

- Desequilibrio de los elementos rotatorios.
- Rodamientos en mal estado que originan una vibración de alta frecuencia.
- Desalineamiento de los acoples y cojinetes causa de la vibración axial.
- Dientes de engranaje que producen impacto, suciedad, interferencia y excentricidad, generando vibraciones de alta frecuencia al pasar cada diente.
- Problemas eléctricos los cuales se determina cuando la vibración tiene a desaparecer cuando se quita la fuerza.
- Vibración causada por ejes torcidos.

Los equipos utilizados para la adquisición de datos de vibraciones en las máquinas varían desde aquellos que captan solamente la amplitud de la vibración, hasta complejos analizadores que hacen posible localizar la fuente de la vibración. Estos equipos pueden ser portátiles o de campo hasta la monitorización en continuo. El control de los parámetros de proceso (presión, temperatura, caudal, etc.) de los equipos ha sido objeto de automatización desde hace más de una década en base a sistemas de control distribuido y redes de autómatas programables con interfaces Scada.

El análisis espectral de vibraciones consiste simplemente en realizar una transformación de una señal en el tiempo al dominio de la frecuencia, donde podemos identificar la vibración característica de cada uno de los componentes o defectos que puede presentar el equipo.

De las diferentes características de la vibración, las dos que más se revelan en las máquinas rotativas son: la frecuencia que indica el factor que la causa y

la amplitud que indica la cantidad de vibración que presenta.

3.1.2.2. Termografía

La termografía infrarroja se podría definir como una técnica que permite, a través de la radiación infrarroja que emiten los cuerpos, obtener la medida superficial de temperatura.

El instrumento que se usa en termografía para medir la temperatura emitida por las máquinas es la cámara de infrarrojos.

La principal ventaja es que es una técnica de medida de no contacto físico. Esta cualidad la hace especialmente interesante en el control y mantenimiento de elementos bajo tensión eléctrica.

3.1.2.3. Parámetros de condición

Los parámetros de condición son los diferentes cuantificadores que se pueden apreciar por medio de los instrumentos que posea la máquina o por una inspección visual.

Entre las mediciones podemos citar las siguientes: temperatura, presiones, frecuencias de excitación, torque, velocidad, entre otros.

La inspección visual deberá ser hecha por un técnico calificado que conozca el equipo y se base en tres factores primordiales:

- Las recomendaciones del fabricante.
- La experiencia en la operación del equipo.
- Factor de la edad.

También se debe considerar mediante observación y examen, las condiciones externa de la máquina como: fugas o escapes, estado de corrosión, tuercas o pernos sueltos, correas o cadenas en mal estado, instrumentos defectuosos, entre otros.

3.1.2.4. Ultrasonido

El ensayo de ultrasonido consiste en un método no destructivo, que tiene como objetivo la detección de discontinuidades internas.

El ensayo ultrasónico de los materiales está basado en los fenómenos que se producen en la propagación

de vibraciones mecánicas, con frecuencias entre 0.25 y 25 MHz. Este intervalo de frecuencias se encuentra muy por encima de lo que constituye el sonido y no son detectadas por el oído humano.

La más extendida de las aplicaciones se basa en la reflexión del ultrasonido producida en la interface de dos materiales diferentes, en discontinuidades o defectos de los materiales.

Los principales fenómenos físicos que intervienen en los ensayos ultrasónicos son: velocidad de propagación, atenuación, reflexión y refracción.

El Ultrasonido tiene la ventaja de ser un método de inspección volumétrica, que busca indicaciones dentro de un componente. En la técnica de contacto, un transductor envía un haz ultrasónico, que en una primera aproximación puede ser visto como un haz de luz dentro de un material. El haz ultrasónico viaja hasta encontrar un reflector, luego es reflejado, refractado, difractado hacia el transductor. La señal que retorna es "leída" por el transductor y va hacia la pantalla del detector de fallas donde queda

representada. El operador mira la representación y determina si el componente es aceptable o no, inicialmente observando la amplitud de la señal. Esta aproximación es buena cuando se buscan grietas, laminaciones, faltas de fusión y otros defectos importantes. El resultado depende de: 1) el operador, 2) el equipo y 3) el procedimiento utilizado. También depende del material y geometría del componente y del defecto, particularmente de su orientación.

3.1.2.5. Análisis de aceites

El análisis de lubricantes constituye un método de mantenimiento predictivo que posee dos objetivos claros que son conocer el estado del aceite y conocer el estado de la máquina.

Los tipos de análisis y sus mediciones fueron estudiados en el capítulo 2 en aceites lubricantes, donde para comprobar el estado del aceite se realizan una serie de ensayos como viscosidad, índice de viscosidad, punto de inflamación, punto de fluidez, TBN, TAN, cenizas sulfatadas, peso específico, demulsibilidad, formación de espuma y rigidez

dieléctrica según los parámetros que se requieran investigar dependiendo de la aplicación del aceite.

También para verificar el estado de la máquina se realizan ensayos de espectrometría, ferrografía y contenido de partícula, estas aportan valiosa información del estado de los componentes de las máquinas que se bañan con lubricantes.

Por las múltiples funciones que ejerce (lubricación, refrigeración, limpieza, protección contra agentes corrosivos, etc.) y por el acceso a los puntos más íntimos de una máquina, el aceite constituye un verificador de extrema confianza. Un análisis de aceite traduce las verdaderas condiciones de los componentes de los sistemas lubricados. Así, con rapidez y precisión, se logra un valioso apoyo en el mantenimiento de conjuntos mecánicos: equipamiento automotriz e industrial.

3.2. Programa de mantenimiento predictivo basado en análisis de aceite.

El análisis de aceite es una herramienta para mejorar el mantenimiento y extender la vida útil del equipo. Un solo análisis

para un equipo no ayuda mucho para ver resultados, es la secuencia de los análisis lo que genera una tendencia. Al conocer los valores originales del aceite y compararlos con los valores del aceite usado, relacionando los resultados con el programa de mantenimiento predictivo, se obtienen valiosa información que puede llevar al camino de la reducción de costos de mantenimiento y aumento de productividad.

3.2.1. Consideraciones sobre tipos de equipos

En la sección 2.3.4 se analizó a fondo los diferentes equipos, aplicación y sistema de lubricación. Esta sección se centrará en las consideraciones sobre los equipos a los cuales se les recomienda realizar un análisis de aceite.

Los análisis de aceite para un programa de mantenimiento predictivo se recomiendan en equipos donde el aceite en circulación llega a la mayor parte de los elementos mecánicos recogiendo información que proveerá un diagnóstico confiable del estado del equipo.

También se tiene que considerar el costo del equipo versus el costo del análisis de aceites, sin olvidar los equipos fundamentales en una línea de producción donde su falla genere grandes pérdidas para la empresa.

Teniendo claro los parámetros mencionados, se presenta la tabla 5 donde se indican los equipos de prioridad en la industria y los análisis de aceite recomendados para tener un control tanto del aceite como de los equipos.

Tabla 5 Análisis recomendados para equipos

Equipos	Análisis recomendados
Motores de combustión interna	Viscosidad, TBN, oxidación, punto de inflamación, contenido de agua, espectrometría.
Sistemas hidráulicos	Viscosidad, contenido de agua, conteo de partículas, oxidación, TAN.
Transmisiones y engranajes	Viscosidad, contenido de agua, conteo de partículas, oxidación.
Turbinas	Viscosidad, contenido de agua, oxidación, TAN, espectrometría, conteo de partículas.
Compresores	Viscosidad, contenido de agua, oxidación, TAN, espectrometría.
Sistemas centralizados de lubricación (cojinetes)*	Viscosidad, contenido de agua, espectrometría, oxidación.

Elaborado por Alejandro Mideros

(*) Los sistemas centralizados de lubricación (cojinetes) hacen referencia a equipos tales como trenes de laminación, máquinas de papel, masas de molienda, entre otros, provistos de un sistema centralizado que bombea el aceite a los puntos a lubricarse, especialmente cojinetes.

Parámetros a tomar en cuenta según el tipo de equipos:

Según los parámetros revisados para realizar una correcta lectura del análisis de aceite y garantizar el éxito del mantenimiento predictivo es preferible trabajar con límites condinatorios propios calculados estadísticamente en base a los resultados que se vayan registrando. Esto es debido a que hay que tomar en cuenta que los equipos de cada fabricante están operando por todo el mundo en condiciones diferentes.

Motores de combustión

El aceite en el caso de un motor de combustión interna se ve afectado por varios parámetros entre los que se encuentran:

Cambios en la viscosidad, contenido de partículas de desgaste, bajo niveles de calcio, zinc y fósforo y TBN bajo y contaminación por silicio, agua y azufre.

La contaminación que se da mayormente en un motor es por el silicio que al ingresar actúa como lija destrozando las

camisas, los anillos y todo donde existe fricción y entra en contacto con el aceite.

El agua que forman la corrosión sobre las superficies metálicas y la propia degradación del aceite. Ataca los aditivos y los precipita, luego ataca el aceite básico, causando oxidación y aumentando la formación y acumulación de lodos y barnices.

Compresores

El aceite es en este caso muy susceptible a la oxidación por las altas temperaturas, ocasionando incremento en la viscosidad y la acidez. Una viscosidad alta incrementa el consumo de energía y una acidez alta, ocasionará corrosión del equipo.

Sistemas Hidráulicos

La contaminación es el más serio problema que afecta a los sistemas hidráulicos por lo que deben ser monitoreados periódicamente. La tierra y el agua son los más peligrosos contaminantes en estos sistemas. Está estimado que del 75% al 85% de todas las fallas en sistemas hidráulicos son resultado directo de la contaminación del fluido.

- Corrosión en el sistema por ácidos que se forman debido a la oxidación del aceite y la contaminación con agua.
- Atascamiento de válvulas debido a contaminación por partículas. La filtración o remoción de agua se recomiendan cuando los límites de alarma se exceden en el conteo de partículas o agua respectivamente.

Turbinas

La contaminación por agua es particularmente indeseable, ya que tiende a formar una emulsión que reducirá las características de lubricación e induce a la corrosión. La transferencia de calor también se ve reducida lo que conduce a una mayor temperatura de los rodamientos. Los aditivos anti desgaste pueden ser deteriorados con la presencia de agua en el aceite, llevando al equipo a una menor protección y desgaste. Las partículas contaminantes pueden taponar los conductos de lubricación, filtros en línea y sistemas de control. La viscosidad del aceite tiende a mantenerse estable por muchos años, a menos que se presente un problema de oxidación, por lo que se establecen límites condenatorios de TAN muy bajos comparados con otros tipos de aceites y aplicaciones.

3.2.2. Toma de muestras de aceite

Para obtener resultados de análisis más exactos, la muestra de aceite debe ser tomada a la temperatura de trabajo de la máquina. El procedimiento recomendado es comenzar a drenar el aceite en la forma usual, quitando el tapón de drenaje. Para no coleccionar residuos provenientes del fondo del depósito, se deja que escurra unos segundos antes de colocar el recipiente para obtener la muestra del chorro de aceite. Otro método es sacar el aceite mediante un sifón con un ducto que llegue al cárter. Una muestra de 120 cc, usualmente es suficiente para el laboratorio. En general los laboratorios requieren la siguiente información, incluida con la muestra, para generar mejores resultados: Horas de trabajo totales, horas de trabajo desde el último cambio de aceite, Descripción del equipo (combustible, temperatura de trabajo, mantenimientos, etc.), Viscosidad del aceite nuevo.

Cuando se tiene un registro de la máquina debido que ya se han realizado algunas pruebas de laboratorio, siempre se debe tomar la muestra del mismo punto y de igual manera. En máquinas en las que se cambia el aceite muy frecuentemente, tomar la muestra a los mismos períodos de tiempo, siempre

utilizando recipientes nuevos, y nunca llenarlos por encima de 3/4 partes.

3.2.3. Interpretación de los análisis de aceite

La interpretación de los resultados del análisis es el elemento crucial para un correcto diagnóstico del estado del aceite y del equipo. Cuando regresan del laboratorio los resultados de la muestra, se deben estudiar para determinar si se necesita efectuar alguna acción en el equipo. Muchas veces los resultados son normales para las horas y condiciones bajo las cuales trabajó el aceite.

Para un correcto mantenimiento se deben realizar diferentes ensayos, dependiendo de la maquinaria, funcionabilidad, capacidad, horas de trabajo, condiciones de operación y otros factores a tener en cuenta.

La interpretación de los análisis de aceite incluye tres categorías que son: Condición del lubricante, Desgaste y Contaminantes.

Interpretación de análisis de aceite según la condición del lubricante:

Por medio de los diferentes análisis físicos y químicos del lubricante estudiados en el capítulo 2: viscosidad, oxidación, punto de inflamación, punto de fluidez, TBN, TAN, detergencia, densidad, demulsibilidad y formación de espuma entre los más representativos, se puede analizar la condición del lubricante y sus aditivos.

Para analizar los problemas encontrados en los equipos en base a la condición del lubricante, se basará en los índices condenatorios, los cuales son dados a conocer por los fabricantes de equipos y de lubricantes. En la tabla 6 se puede apreciar una referencia de índices condenatorios porcentuales dependiendo de tipo de equipo. Se observa también los análisis necesarios y sus respectivas normas ASTM.

Tabla 6 Índice condenatorio en función de la condición del lubricante

INDICES CONDENATORIOS DE ANALISIS DE LUBRICANTE							
ENSAYOS	UNIDAD DE MEDIDA	METODO ASTM	MOTORES	SISTEMAS HIDRAULICOS	SISTEMAS DE ENGRANAJES	TURBINAS	COMPRESORES
Viscosidad a 40°C y 100°C	CSt	D-445	+ - 10% precaución + - 15% critico	+ 20% maximo - 10% minimo	+ 20% maximo - 10% minimo	+ 20% maximo - 10% minimo	+ 20% maximo - 10% minimo
Punto de inflamación	°C	D-92	- 15 °C precaución - 30°C critico	-	-	-	-
TBN	mg KOH/g	D-2896	- 45% precaución -65% critico	-	-	-	-
TAN	mg KOH/g	D-974	-	1.5 critico	-	1 critico	1 critico
Oxidación	Abs/mm %	E-22412	30% critico	0.4 abs/0.1 mm sobre la última muestra	0.2 abs/0.1 mm sobre la última muestra	25% critico	30% critico

Fuente: Fleetguard, Lubricant analysis sevice.

Interpretación de análisis de aceite por el desgaste

El análisis de aceite cuantifica los materiales de desgaste que están en suspensión. Esto es un indicador del desgaste producido en las distintas partes del equipo. La tabla 7 muestra los orígenes más comunes de estos materiales para la mayoría de los equipos.

Siempre se toma en cuenta los materiales actuales que se emplea en la construcción del equipo específico, por ejemplo, algunos motores tienen más aluminio que otros así como algunos compresores tienen cojinetes de plata, otros de plomo o bronce.

Para conocer los límites condinatorios de cada parámetro hay que remitirse a las tablas recomendadas por el fabricante del equipo, debido que existen amplios rangos de variaciones entre unos equipos y otros.

La tabla 7 es una guía para ayudar en la interpretación de la información general de desgaste identificado por los análisis de aceite.

Tabla 7 Origen metales de desgaste en diversos equipos

	MOTORES	TRANSMISIÓN- ENGRANES	TURBINA	HIDRAULICO	COMPRESORES
Fe	Camisas de cilindros, aros, cigüeñal, engranajes, bomba de aceite, árbol de levas	Engranajes, cojinetes, bandas de freno y eje	Cojinetes, engranajes y eje	Cilindros, barras y engranajes	Cojinete, cilindro, cigüeñal, anillos, rotores, ejes, tornillo
Cr	Aros, válvulas, recubrimiento de ejes, aleaciones de acero inoxidable.	Rodamiento de rodillos	Rodamiento	Ejes, biela, válvulas de carrete	-
Al	Pistones, Cojinete de empuje	Bomba y arandela de empuje	Bomba	Bujes y placa de empuje	Cojinete, pistones y tornillo
Ni	Recubrimiento de válvulas, aleaciones del cigüeñal, árbol de levas.	Aleaciones de acero de rodamiento de rodillos y ejes	Aleaciones de acero de rodamiento, ejes, válvulas	-	-
Cu	Enfriador de lubricante, cojinete de bancada y biela, aditivo	Cojinetes, placa de embrague y enfriadores de lubricante	Cojinete, placa de empuje	Cojinete, placa de empuje y enfriadores de lubricante	Cojinetes, bujes y plato de desgaste
Pb	Cojinete de bancada y biela, Cojinetes y soldadura de plomo	Cojinetes de aleaciones de bronce, aditivos de lubricante	Cojinetes de aleaciones de bronce	Cojinetes de aleaciones de bronce	Cojinetes
Sn	Camisas de cilindro, aleaciones de bronce, babbit	Caja de metal de rodamientos	Caja de cojinetes y soldadura	-	Cojinetes y bujes
Ag	Pin del cojinete de los cilindros, soldadura de plata	Canal de los rodamientos de aguja (transmisiones Allison)	-	Soldadura de plata.	-
Ti	-	-	Cojinetes de turbina de gas y acoples	-	-
V	-	-	Alabes de turbina	-	-

Fuente: Fleetguard, Lubricant analysis sevice.

Interpretación de análisis de aceite debido a contaminantes:

En un análisis de aceite, además de los metales de desgaste, podemos encontrar contaminantes debido a la absorción de arena, polvo, agua, azufre y aditivos de refrigerante.

Silicio

La presencia de silicio en el aceite se debe mayormente a la contaminación por polvo atmosférico que entró por el filtro de aire o alguna parte del sistema de alimentación del aire. También puede haber una lectura de Silicio en los aditivos del aceite como antiespumante. Si el aceite nuevo tiene 3 ppm de silicio y el usado tiene 10 ppm, 7 ppm entraron del medio ambiente.

Agua

La presencia de agua se debe principalmente por fugas en sistemas de refrigeración, respiraderos y daño de empaques. Niveles de agua en el aceite causan herrumbre y aumenta el potencial corrosivo de los ácidos. También actúa como catalizador para promover oxidación en la presencia de metales como hierro, cobre y plomo. Cuando hay agua libre en depósitos de aceite pueden crearse micro-organismos que

se comen el aceite, formando ácidos que causan oxidación y obstruyen el filtro.

El agua reduce la película lubricante e interfiere con la lubricación dejando las piezas susceptibles al desgaste abrasivo y adhesivo además de la fatiga. En áreas de presión las gotas de agua colapsan causando cavitación. Esta cavitación se ve como corrosión o picado de la superficie donde hay diferencias de presiones

Los niveles condenatorios que se pueden usar como referencia basados en la norma ASTM-6304 de acuerdo a la consideración de cada equipo son:

Para motores de combustión interna 0.4%, Sistemas hidráulicos 0.1%, transmisiones-engranajes 1%, turbina 0.4% y compresores 0.2%.

Azufre y vanadio

Este elemento afecta principalmente a los motores a diésel debido que se da por ser un contaminante de este combustible. El vanadio es un contaminante metálico presente en el crudo en forma soluble y, por lo tanto no eliminable por centrifugado, este actúa como catalizador en las reacciones

de azufre, lo que aumenta la corrosión en frío y junto con el sodio son los principales causantes de corrosión a altas temperaturas.

Sodio

Si la muestra fue tomada con el equipo caliente, cualquier ingreso de agua normalmente debería haberse evaporado y solo dejar residuos de sus minerales. Esta agua puede haber entrado por medio de un empaque, en caso de un motor por la camisa o bloque perforado o simplemente por lavado con agua a alta presión.

El sodio también puede estar presente en la gasolina. Algunos de los nuevos aceites que cumplen con el API utilizan un nuevo detergente de sulfonato de sodio. Esto también aparecerá en el análisis como "sodio".

Aluminio

El aluminio aparece en el análisis por varias causas. Una parte de esto puede ser desgaste, la otra parte viene del aire contaminado con tierra. La tierra y polvo contiene un porcentaje de aluminio que varía entre 0.29% a 0.33%. Esto quiere decir que por cada 10 ppm de tierra que observamos en el análisis deberíamos tener cerca de 3 ppm de aluminio por la

tierra. Si la muestra tiene 10 ppm de silicio y 5 ppm de aluminio, 2 ppm serán provenientes del desgaste. La contaminación de aluminio se evita controlando el ingreso de silicio.

Glicoles

Son sustancias líquidas que se añaden a los refrigerantes de motores de combustión interna para aumentar su punto de evaporación y su capacidad de transferir calor. Su presencia en la muestra de aceite puede indicar fugas en el sistema de refrigeración del motor.

CAPITULO 4

4. ANALISIS DE OFERTA Y DEMANDA

En general, los análisis de laboratorio de aceites lubricantes puede dividirse en dos tipos: análisis de aceites nuevos, y análisis de aceites usados.

Por el alcance de este proyecto, no se considerarán los análisis de aceites nuevos, los cuales son realizados tanto por las plantas productoras de lubricantes, como por entidades gubernamentales, empresas verificadoras o usuarios, para efectos de control de calidad y cumplimiento de normas.

Se denominan aceites usados tanto a los que permanecen aún en uso, como a los que ya se han descartado y cambiado. Los análisis de

laboratorio de aceites usados están motivados por una de las siguientes causas:

- 1) Análisis de aceites en uso, con el fin de determinar su vida útil remanente;
- 2) Análisis de aceites en uso en equipos que han fallado o han sufrido daños severos, con el fin de diagnosticar las causas de la falla;
- 3) Análisis de aceites en uso realizados para sustentar programas de mantenimiento mecánico predictivo;
- 4) Análisis de aceites en uso, para efectos de investigación, evaluación y desarrollo de materiales, mecanismos y equipos.

Aunque el enfoque de este proyecto se dirige al punto 3, nuestro laboratorio podrá realizar también, sin modificación alguna, los análisis motivados por los puntos 1, 2, y 4. Por tanto el objetivo ampliado de nuestro laboratorio es la realización de análisis para efectos de: evaluación de desempeño del aceite, determinación de causas de fallas de equipos, soporte de programas de mantenimiento predictivo e investigaciones tecnológicas.

Con este enfoque ampliado, se procede a evaluar en este capítulo la oferta en el medio y la demanda actual y potencial de análisis de laboratorio de aceites usados, con el fin de justificar la implementación de este proyecto.

4.1. Estudio de la oferta

Hemos clasificado a los laboratorios oferentes de análisis de aceites usados, en las siguientes categorías:

1.- Laboratorios de plantas que fabrican lubricantes, que además del análisis para control de calidad de la producción, realizan pruebas de aceites usados para sus clientes. Existen cinco plantas que fabrican lubricantes en el país, tres de ellas en Guayaquil y dos en Durán:

LUBRISA	Durán	Gulf, Total
SWISS OIL	Guayaquil	Texaco, Castrol
LUBRIVAL	Guayaquil	Valvoline
PDVSA	Guayaquil	PDV, Petroecuador
BIOFACTOR	Durán	Aroil

Solo las cuatro primeras realizan análisis de aceites lubricantes usados. Dan este servicio exclusivamente a clientes que utilizan sus aceites, y generalmente a solicitud de ellos. Las muestras son canalizadas a través de los distribuidores y vendedores técnicos y deben cumplir ciertos requisitos referidos al envase, volumen mínimo, y la información a adjuntarse (nombre del aceite, equipo en que funciona, tiempo de uso del aceite). A través de consultas directas a estas plantas en la tabla 8 se muestra la información recogida:

Tabla 8 Dimensionamiento de laboratorios fabricantes de lubricantes en el país

Laboratorio de Planta	Equipo de Espectrometría	Total Muestras Analizadas Mes	Total Muestras Aceite Usado Mes	Persona Consultada
LUBRISA	Si	200	130	R. Ayala
SWISS OIL	Si	380	190	X. Cadena
LUBRIVAL	Obsoleto	320	120	L. Torres
PDVSA	Dañado	140	60	F. Parra

Elaborado por Alejandro Mideros

En términos generales, estos laboratorios priorizan su función de control de calidad de las materias primas y los lubricantes nuevos que fabrican. En los hechos, ninguna de estas plantas de lubricantes, ni las marcas que fabrican y comercializan, promociona entre sus clientes el servicio de análisis de aceites usados para soportar programas de mantenimiento mecánico predictivo. No mencionan sus laboratorios en sus páginas web, ni en sus folletos y material publicitario.

2.- Laboratorios de empresas comercializadoras de equipos y lubricantes, que ofertan análisis de aceites como parte de sus programas de servicio. En la investigación de esta categoría hemos encontrado nueve empresas que ofertan análisis de aceites a sus clientes. Ocho de ellas no tienen laboratorio propio (MAVESA, HIVIMAR, DISMARK-MOBIL, VEPAMIL, AZENDE, PRIMAX, MACOSA, IVAN BOHMAN) y remiten las muestras a laboratorios extranjeros. Solo una cuenta con su laboratorio propio: IIASA CATERPILLAR. Esta empresa oferta a sus clientes un completo

programa de mantenimiento mediante análisis de aceite, llamado S.O.S. Su laboratorio de Guayaquil incluye equipos de ferrografía, espectrómetro de emisión Atómica, FTIR, viscosímetros, conteo de partículas y detección de glicoles. Este laboratorio oferta análisis sólo a los usuarios de equipos Caterpillar que utilizan lubricantes marca Caterpillar, en la tabla 9 se establece el dimensionamiento de las muestras tomadas al mes por esta empresa. Durante el período de garantía de los equipos, se ofrecen análisis a precio reducido. Luego del período de garantía, se cobran los análisis a tarifas variables que dependen del volumen de aceite que compra el cliente. Su servicio está dirigido sobre todo a empresas constructoras y mineras que utilizan maquinaria pesada Caterpillar.

Tabla 9 Dimensionamiento de laboratorio de Caterpillar

Laboratorio de Empresa de Equipos-Aceites	Cuenta con Espectro A.A.	Total Muestras Analizadas Mes	Total Muestras Aceite Usado Mes	Persona Consultada
IIASA CAT	Si	900	900	G.Moreira

Elaborado por Alejandro Mideros

3.- Laboratorios independientes, privados o institucionales. Hemos detectado siete laboratorios en empresas privadas e instituciones públicas acondicionados total o parcialmente para realizar análisis de aceites lubricantes usados. De ellos, solamente dos, SERTINLAB, laboratorio privado ubicado en la ciudad de Quito, y la empresa verificadora SGS, cuentan con el equipamiento requerido

para el análisis de aceites usados como soporte de programas de mantenimiento predictivo. Los otros (Facultad de Química UG, ARCH, Control Internacional, EPN, Predictiva) carecen de los equipos claves o los tienen dedicados a otras tareas (análisis de combustible, análisis ambiental, etc.).

Tabla 10 Dimensionamiento de laboratorios privados

Laboratorio Independientes	Equipo de Espectrometría	Total Muestras Analizadas Mes	Total Muestras Aceite Usado Mes	Persona Consultada
SERTINLAB	Si	ND	400	R. Ayala
SGS	Si	ND	ND	

Elaborado por Alejandro Mideros

El laboratorio de SGS está orientado principalmente a las petroleras que operan en el oriente del país. Como se aprecia en la tabla 10 no se obtuvo información directa, la petrolera AGIP, usuaria de este laboratorio, informa que envía allí muestras de crudo y lodos. Este parece ser su enfoque actual.

4.- Empresas que ofertan localmente análisis de aceites usados en representación de laboratorios extranjeros. Hemos detectado cuatro empresas locales que representan a laboratorios extranjeros y ofrecen análisis completos de aceites usados. Ellas son: Astriven, Vibratec, Lubtechnology y Plunosa. Las muestras son enviadas a laboratorios de Estados Unidos, Colombia y Argentina. Una de ellas, Lubtechnology, indicó que recolecta en promedio 40 muestras al

mes. Las otras no proporcionaron esta información, sin embargo, Lubtechnology, estima que las tres empresas restantes recolectan unas 150 muestras en total.

A partir de este estudio de la oferta, podemos concluir que se recolectan mensualmente en el país unas 2200 muestras de aceites lubricantes usados con el fin de enviarse a un laboratorio para su análisis. De esta cantidad, unas 1800 muestras se analizan en laboratorios asentados en el país, y 400 se envían a laboratorios extranjeros, principalmente de Colombia, Estados Unidos y Argentina.

4.2. Estudio de la demanda

La presencia de programas de mantenimiento predictivo en la industria y el transporte del país ha crecido en los últimos años, sin embargo aún es pequeña. Al tomar conciencia los directivos de las empresas de que esos programas juegan un papel clave en el incremento de la productividad y la rentabilidad, se va extendiendo su aplicación. Por lo general las empresas grandes cuentan con algún nivel de implementación de técnicas de monitoreo de sus equipos (vibraciones, termografía, medición de parámetros o análisis de aceites) y con alguna aplicación de programas de mantenimiento predictivo.

4.2.1. Requerimientos actuales.

Del estudio de la oferta, se llegó a determinar que actualmente se están haciendo unos 1800 análisis de aceites usados al mes en laboratorios del país. Y además se están remitiendo a laboratorios del extranjero otras 400 muestras. Por lo tanto, se puede afirmar que la demanda actual es de 2200 muestras mensuales.

Para analizar el origen de esta demanda, se han tomado los datos del estudio de mercado hecho por la compañía Lubtechnology [8] en el 2009 con el objetivo de investigar el consumo de lubricantes en las empresas del país. Este estudio investigó también el nivel de utilización de análisis de aceites como parte de las herramientas de mantenimiento de esas empresas.

El número total de empresas en el estudio de Lubtechnology fue de 1240, todas con un consumo mayor a los 600 galones al año de aceites lubricantes. Con el fin de obtener información relevante para nuestro proyecto, hemos seleccionado de ese estudio las empresas pertenecientes a los sectores de actividad productiva que utilizan intensivamente equipos mecánicos en cuyo mantenimiento es recomendable hacer

análisis de aceites usados. Este listado de empresas se puede resumir en la tabla 11.

Tabla 11 Estudio de mercado industrial de lubricantes

SECTOR DE ACTIVIDAD	NUMERO DE EMPRESAS	CONSUMO ACEITE Galones/Año	HACEN ANALISIS ACEITE	% A/A
ACUACULTURA	28	128000	5	18%
AGROINDUSTRIA	143	466000	11	8%
CEMENTO	4	165000	3	75%
CONSTRUCCION	89	893000	31	35%
GENERACION DE ENERGIA	8	825000	8	100%
METALURGIA	35	246000	9	26%
MINERIA	28	289000	6	21%
PAPEL Y CARTON	12	86000	6	50%
PESCA INDUSTRIAL	26	438000	10	38%
PETROLEO	9	968000	7	78%
PLASTICO Y CAUCHO	46	158000	6	13%
TRANSPORTE MARITIMO	6	187000	4	67%
TRANSPORTE TERRESTRE	184	858000	8	4%
TOTAL	618	5'707.000	114	18%

Fuente: Lubtechnology, estudio de mercado 2009

Solamente el 18% de las empresas grandes del país que podrían beneficiarse con programas de mantenimiento predictivo basados en análisis de aceite los están utilizando. En las empresas de menor tamaño de estos mismos sectores productivos el porcentaje de aplicación de análisis de aceites es seguramente menor aún.

El consumo de aceite de estas 618 empresas es solo el 25 % de los 23 millones de galones que se utilizaron en la industria y el transporte del país en el 2012 (dato suministrado por F. Parra, Gerente de Lubricantes de PDVSA). Las empresas ecuatorianas generan actualmente una demanda de 26400

análisis de aceite usado al año. Es decir una muestra por cada 871 galones de aceite lubricante consumido. En países desarrollados ese índice a nivel industrial es de una muestra por cada 110 Galones [9].

4.2.2. Crecimiento.

La demanda de análisis de aceites usados ha venido creciendo en el Ecuador. A medida que extiende la aplicación de programas de mantenimiento predictivo en la industria y el transporte, lo que es una tendencia cierta en el país, se incrementa dicha demanda.

Actualmente tan solo el 18% de las más grandes empresas industriales y de transporte del Ecuador utilizan análisis de aceites. En países desarrollados en cambio esta práctica está muy extendida. Por ejemplo según Lubewatch [9] el 79% de las plantas industriales y el 65% de los operadores de equipo pesado móvil en los Estados Unidos utilizan programas de mantenimiento predictivo basado en análisis de aceites. El costo de los lubricantes y los programas de mantenimiento predictivo es apenas el 4% del gasto de mantenimiento de las empresas, y puede producir ahorros de hasta el 50% en

comparación con las empresas que no utilizan esas prácticas, según la misma fuente.

4.3. Justificación del proyecto

Actualmente unas 400 muestras de aceite se envían cada mes a laboratorios del exterior para su análisis. Los principales remitentes son empresas comercializadoras de equipos y lubricantes que no cuentan con laboratorios locales aprobados por sus casas matrices o por los fabricantes de los productos que representan. El valor que se paga actualmente a los laboratorios extranjeros por cada muestra oscila entre los 45 y 140 dólares. En cifras gruesas, por tanto el país envía cada mes unos \$ 30.000 dólares al extranjero por este concepto. Esta salida de recursos se ahorraría de existir un laboratorio local, certificado, independiente y confiable.

De otro lado, los fabricantes locales de lubricantes realizan análisis de aceites usados para sus clientes, a menudo en forma gratuita. En los hechos la calidad de estos análisis es baja y los tiempos de respuesta son muy largos. Las empresas con programas de mantenimiento predictivo optan, en todo el mundo por contratar los análisis con laboratorios independientes, debido a la confiabilidad en los datos y la calidad del servicio que estos les brindan.

Para el siguiente ejemplo, vamos a asumir un precio de \$ 40 por análisis de aceite. Una empresa constructora que consume 2500 galones de aceite al año y tiene unos 15 equipos pesados, requiere realizar unas 45 muestras de aceite anuales. Lo que le representará un costo de 1800 dólares, es decir un 5% de lo que paga por los lubricantes (utilizando un costo por galón de \$14). Esos análisis, sin embargo, pueden llevarle a reducir significativamente su consumo de lubricantes y filtros, al poder extender los períodos de cambio, conociendo con certeza el estado del aceite y por tanto, poder cambiarlo cuando realmente ha agotado su vida útil. Adicionalmente los análisis de aceite, como se ha visto en los capítulos previos, son un método efectivo del monitoreo del estado de los equipos al utilizarse como soporte de un programa de mantenimiento predictivo, el cual producirá grandes ahorros en repuestos y reparaciones y evitará pérdidas de producción por paradas imprevistas de los equipos.

El tercer argumento justificativo de este proyecto es el incremento constante del número de empresas que incorporan programas de mantenimiento predictivo en su operación. Esta tendencia es muy marcada y seguirá en ascenso en tanto nuestra industria vaya incrementando su productividad y nivel técnico de gestión.

4.3.1. Demanda insatisfecha análisis cualitativo y cuantitativo.

Un primer dato de la demanda insatisfecha es el número de muestras de aceite que se están enviando actualmente a laboratorios del extranjero para su análisis.

Un segundo dato es la preferencia de las empresas por laboratorios independientes, con alto nivel de confiabilidad y un buen servicio. Se asume que se ganará un 10% de los análisis que actualmente se realizan en los laboratorios del país.

Un tercer dato es la tendencia al incremento del porcentaje de empresas que utilizan programas de mantenimiento predictivo basados en análisis de aceite. Vamos a cuantificar este crecimiento en un 10%. Si actualmente se ordenan 2200 análisis, el incremento será de 220.

Estos tres elementos han sido cuantificados en la tabla 12, y permite concluir que el laboratorio proyectado podrá en corto plazo, y con una adecuada difusión, llegar a realizar 800 análisis por mes en promedio.

Tabla 12 Análisis proyectado para el laboratorio

FACTOR A CONSIDERARSE	ANALISIS PROYECTADOS
Muestras actualmente enviadas al exterior	400/mes
Muestras a ganarse a los laboratorios en servicio	180/mes
Muestras provenientes del crecimiento de la demanda	220/mes
TOTAL PROYECTADO	800/mes

Elaborado por Alejandro Mideros

4.3.2. Ubicación: ESPOL.

La ESPOL por su trayectoria se ha convertido en un referente de conocimiento y calidad. Sus programas de servicio a la industria y sus proyectos emblemáticos como el Parque del Conocimiento constituyen el asiento ideal para proyectos como el presente, de alto nivel tecnológico y de gran aporte al crecimiento de la productividad y la eficiencia de la industria del país.

CAPÍTULO 5

5. DISEÑO DEL LABORATORIO

5.1. Descripción del laboratorio

El laboratorio de aceites lubricantes que se va a diseñar brindará sus servicios para apoyar los programas de mantenimiento de las empresas del país. Este es el punto clave del cual se partirá para determinar los tipos de pruebas a realizarse y el dimensionamiento del laboratorio, siguiendo el estudio del mercado del capítulo 4.

5.1.1. Servicios a ofertarse

Los tipos de pruebas a ofertarse deben cubrir los requerimientos de las empresas industriales y de transporte, privadas y públicas del país, que tienen implementados

programas de mantenimiento apoyados en análisis de aceites usados. Esta gama de pruebas de laboratorio permitirá también ofertar el servicio de determinación de causas de fallas de equipos, así como la evaluación del rendimiento y calidad de aceites lubricantes en uso. Adicionalmente, la capacidad del laboratorio así diseñado permite también orientar el laboratorio a la docencia e investigación, por lo que se propone su implementación en la ESPOL con el fin de fortalecer este campo de estudio en el País.

5.1.1.1. Empresas y organismos públicos

Las pruebas de laboratorio requeridas por las empresas y organismos públicos para sus programas de mantenimiento predictivo basados en la monitorización del aceite lubricante, se puede dividir en tres categorías principales: condición del lubricante, contenido de metales de desgaste y contaminación del aceite.

- El análisis de condición del lubricante está basado en pruebas físicas y químicas que comparan los parámetros medidos en el aceite usado con los del aceite nuevo. Esta comparación permite determinar si

aún el aceite está proporcionado lubricación y protección adecuadas. Esta técnica de comparación se combina con los datos estadísticos de tendencias y con técnicas de gestión que definen la periodicidad de la toma de muestras y las pruebas específicas a realizarse en cada caso. El rango de pruebas incluidas aquí son las siguientes: viscosidad, TBN y TAN, contenido de aditivos, punto de inflamación, punto de combustión, oxidación, demulsibilidad, formación de espuma y color.

- El régimen de desgaste detecta y mide la presencia de partículas metálicas provenientes del desgaste de componentes de la maquinaria.

- El análisis de limpieza del aceite determina la presencia de contaminantes que causan el deterioro del aceite y los equipos. Se debe poder detectar y medir la presencia de contaminantes externos como agua, glicol, polvo, combustible, hollín, así como de sustancias producidas por la oxidación y deterioro químico del mismo aceite. Ciertos equipos requieren que se mida la cantidad total de partículas

contaminantes sólidas en cada rango de tamaño, por unidad de volumen de aceite.

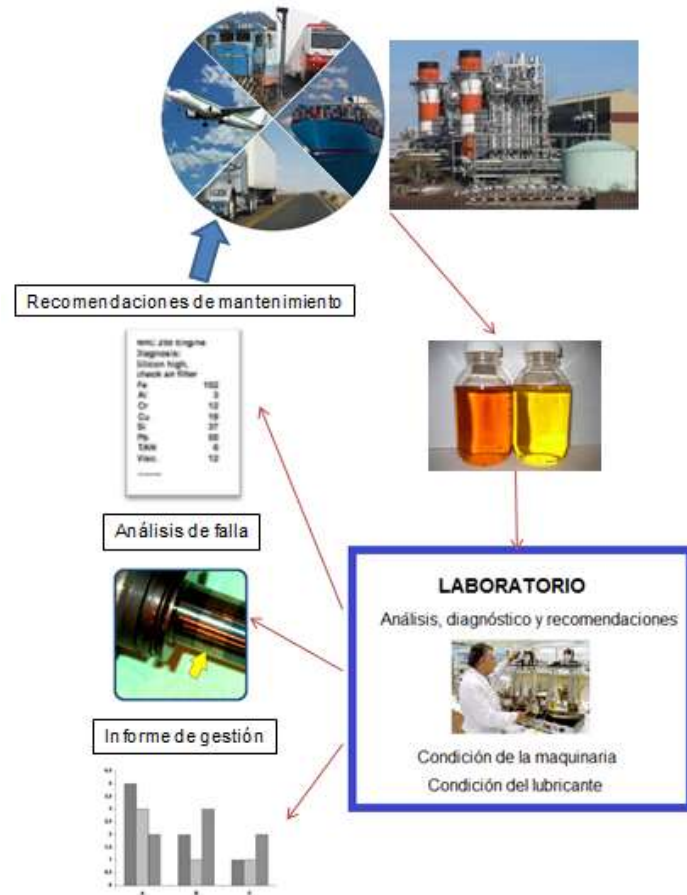


Figura 5.1 Ciclo para empresa y organismos públicos
*Elaborado por Alejandro Mideros

El ciclo en el cual el laboratorio de análisis de aceite participa en las labores de mantenimiento de empresas y organismos públicos se aprecia en la figura 5.1 y es el siguiente:

a. Las empresas identifican los equipos de gran valor o primordiales para sus procesos de producción,

donde se requiere un programa de mantenimiento predictivo (como se vio en el capítulo 3)

b. Se toman muestras de aceite a las máquinas que se someterán al monitoreo periódico.

c. En el laboratorio se analizará el aceite en base a tres aspectos: condición del lubricante, régimen de desgaste y contaminación del aceite.

d. Se realizará un informe de resultados, incluyendo el diagnóstico y las recomendaciones, tanto para el aceite como la maquinaria. Para un programa de mantenimiento predictivo, y según lo requiera el cliente, a partir del monitoreo periódico, se evalúa estadísticamente los cambios en el aceite, con el fin de detectar a tiempo problemas en los equipos.

También el laboratorio abarcará el campo de análisis de falla para determinar la causa raíz del problema. En este caso los clientes suelen ser las aseguradoras de equipos.

5.1.1.2. Docencia e investigación

En la docencia e investigación se podrán generar programas que ayuden a profundizar este campo en el Ecuador. Los parámetros en los cuales se va a centrar

el laboratorio son: la evaluación y desempeño de aceites lubricantes, mejoras de las formulaciones y búsqueda de nuevas aplicaciones.

El ciclo en el cual el laboratorio de análisis de aceite participa en la docencia e investigación se determina de la siguiente forma, según se puede apreciar en la figura 5.2:

- a. Se toma una muestra de un aceite base a investigar y desarrollar.
- b. En el laboratorio se analizará el aceite con el fin de profundizar en tres aspectos principalmente: Evaluación y desempeño del lubricante, la innovación de formulaciones y el desarrollo de nuevas aplicaciones.
- c. Se realizará informes estadísticos de la evolución del aceite con formulaciones modificadas. Se harán informes del desempeño de lubricantes específicos y se investigará el comportamiento del aceite en nuevas aplicaciones.
- d. Se introducirán estas nuevas innovaciones en la industria y se trabajara en conjunto con proyectos de nuevas aplicaciones que esta requiera.

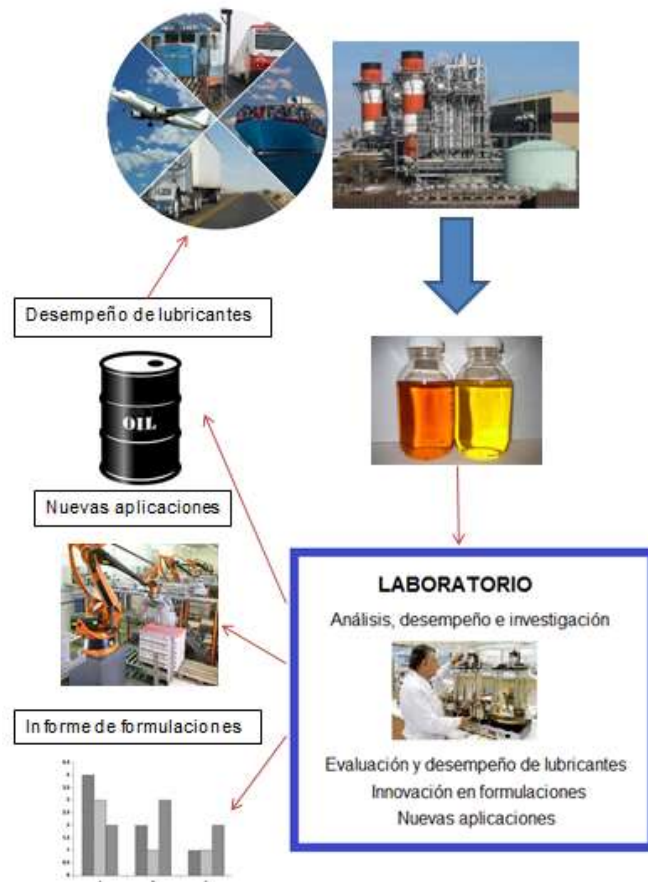


Figura 5.2 Ciclo para docencia e investigación

**Elaborado por Alejandro Mideros*

5.1.2. Dimensionamiento del laboratorio

A partir del estudio de mercado que se realizó en el capítulo 4, se estableció que éste laboratorio va a recibir al poco tiempo de su apertura, unas 800 muestras mensuales. Se detectó también que el crecimiento en el número de muestras de aceite que se recogen en el país para su análisis ha sido alto en los últimos años y que esta tendencia va a continuar. Con

estos datos se ha definido las siguientes premisas de tamaño del laboratorio para su diseño:

- Los equipos seleccionados tendrán uno de los siguientes regímenes de producción: A1) los equipos de uso intensivo (es decir los que se utilizan en todas o casi todas las muestras) se dimensionarán para un régimen de producción de 150 muestras diarias como mínimo. A2) los equipos de uso medio, que se aplican a la mitad de las muestras, se dimensionarán para un régimen mayor a 50 muestras diarias. A3) los equipos de uso especializado, que se utilizan sólo en casos específicos, tendrán una capacidad mínima de 20 muestras al día.
- El tamaño físico del área del laboratorio se establecerá para albergar adecuadamente los equipos seleccionados. El diseño considerará un régimen de procesamiento de muestras de 3000 mensuales, laborando a una sola jornada, pero se dejará la holgura suficiente en el espacio como para incrementar en el futuro el número o la capacidad de los equipos críticos.

5.2. Selección de equipos

La selección de los equipos de medición y análisis deberá partir de una correcta selección de las pruebas que el laboratorio deberá estar en capacidad de efectuar.

5.2.1. Pruebas a realizarse

A partir del objetivo del laboratorio se han definido las pruebas a incluirse, los métodos para realizarlas y las normas ASTM correspondientes, como se muestra en la tabla 13

Tabla 13 Pruebas propuestas para el laboratorio

PRUEBA	Unidad de medida	NORMA	METODO
Color	ASTM	ASTM D 1500	Colorímetro
Determinación de materiales de desgaste, contaminantes y aditivos	PPM	ASTM D 6595	Espectrómetro de emisión atómica
Degradación: Oxidación Nitración Sulfatación Contaminantes: Agua, Glicol, Comb., Hollín	Absorbancia /mm y concentración en %	ASTM E 2412	FTIR
Punto de inflamación y punto de combustión	°C	ASTM D 92	Copa abierta de Cleveland
Formación de espuma	MI	ASTM D 892	Medidor de Espuma
Demulsibilidad	MI aceite/ ml agua/ ml de emulsión	ASTM D1401 y D 2711	Desmulsibilidad
Determinación de agua	Ppm	ASTM D 6304	Karl Fisher
Viscosidad a 40°C y 100°C	CSt	ASTM D 445	Viscosímetro de Baño de aceite
TBN y TAN	Mg KOH/g	ASTM D 974	FTIR
Conteo de partículas	4µm/6µm/14µm	ISO 4406	Contador de partículas

Elaborado por Alejandro Mideros

De acuerdo a la frecuencia prevista de las distintas pruebas a realizarse, los equipos se han clasificado como se indica en la tabla 14:

Tabla 14 Intensidad de uso de los equipos

EQUIPO / METODO	REGIMEN DE USO	CAPACIDAD (muestras/día)
Espectrómetro Emisión Atómica	Intensivo	>150
FTIR	Intensivo	>150
Karl Fisher	Medio	>50
Viscosímetro	Intensivo	>150
Copa Abierta Cleveland	Medio	>50
Demulsibilidad	Especializado	>20
Medidor de Espuma	Especializado	>20
Contador de Partículas	Intensivo	>150
Colorímetro	Medio	>50

Elaborado por Alejandro Mideros

5.2.2. Descripción de equipos propuestos

Colorímetro: El colorímetro es un equipo de uso común en muchos campos industriales. Su funcionamiento se basa en la comparación del color de la muestra contra un patrón. Hemos seleccionado un equipo Lovibond, que presenta la ventaja de comparar la muestra con dos patrones a la vez para obtener una mayor precisión en el resultado. Sus resultados no dependen del criterio del operador.

Lovibond AF650 Serie 3000 Prueba de color de derivados de petróleo



Figura 5.3 Colorímetro

Las serie de comparadores Lovibond® 3000 permite la observación en tres campos de visión, el de la muestra y dos vidrios consecutivos de la escala de color. Esto permite una fácil y precisa lectura por comparación.

Características Técnicas:

- Principio de medición: lectura directa por comparación óptica con estándares de vidrio de color Lovibond®.
- Modos: transmitancia.
- Fuente de luz: lámpara halógena de tungsteno de 12V 20W.
- Pasos de luz: 33 mm para modelo AF650.
- Carcasa del instrumento: ABS, resistente a químicos.
- Alimentación: 12V intercambiable. Se adapta a fuente de alimentación de 220V.
- Dimensiones: 231x273x142 mm.

- Peso: 1.5 kg.
- Comparador AF650: para aceites de petróleo y ceras.
- Escala de color: ASTM D 1500
- Tiempo promedio de prueba: 5 minutos

ASTM Color	Chromaticity Coordinates ^A (RGB USC system) ^B			Luminous Trans- mittance (CIE ^C Standard Source C) T_w
	Red	Green	Blue	
0.5	0.462	0.473	0.065	0.86 ± 0.06
1.0	0.489	0.475	0.036	0.77 ± 0.06
1.5	0.521	0.464	0.015	0.67 ± 0.06
2.0	0.552	0.442	0.006	0.55 ± 0.06
2.5	0.582	0.416	0.002	0.44 ± 0.04
3.0	0.611	0.388	0.001	0.31 ± 0.04
3.5	0.640	0.359	0.001	0.22 ± 0.04
4.0	0.671	0.328	0.001	0.152 ± 0.022
4.5	0.703	0.296	0.000	0.109 ± 0.016
5.0	0.736	0.264	0.000	0.081 ± 0.012
5.5	0.770	0.230	0.000	0.058 ± 0.010
6.0	0.805	0.195	0.000	0.040 ± 0.008
6.5	0.841	0.159	0.000	0.026 ± 0.006
7.0	0.877	0.123	0.000	0.016 ± 0.004
7.5	0.915	0.085	0.000	0.0081 ± 0.0016
8.0	0.956	0.044	0.000	0.0025 ± 0.0006

^A Tolerances on the chromaticity coordinates are ±0.006.

^B Judd, Deane B., "A Maxwell Triangle Yielding Uniform Chromaticity Scales," *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, Vol 14, 1935, p. 41. (RP 756); *Journal of the Optical Society of America*, Vol 25, 1935, p. 24.

^C Commission Internationale de l'Eclairage (International Commission on Illumination).

Figura 5.4 Escala de color ASTM D 1500 [10]

Espectrómetro de emisión atómica: La medición de contenidos de metales en muestras de líquidos se realiza espectrometría, cuyo funcionamiento y evolución se describió en el capítulo 2. Entre las opciones tecnológicas disponibles, se seleccionó la tecnología de emisión atómica con electrodo de disco rotatorio. Esta tecnología presenta la ventaja de no

utilizar gases combustible, sino que evapora la muestra mediante un arco eléctrico, generado por un par de electrodos, uno de los cuales es un disco de carbono rotatorio. Este elemento se intercambia, a un muy bajo costo, para cada muestra a medirse. La compañía que desarrolló y patentó esta tecnología es Spectro Inc. Sus equipos se han convertido en los últimos años en la primera elección de los laboratorios de análisis de aceites usados de todo el mundo.

Spectroil Q100 Espectrómetro de emisión atómica



Figura 5.5 Espectrómetro de emisión atómica

Características

El Q100 Spectroil utiliza la tecnología de electrodo de disco rotatorio. Spectroil Q100 cumple los requisitos de la norma ASTM D6595 Método estándar para la determinación de metales de desgaste y contaminantes en los aceites lubricantes usados o fluidos hidráulicos.

Especificaciones

- El Spectroil Q100 maneja una configuración estándar que incluyen 22 elementos.
- Metales de desgaste: Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mg, Mn, Mo, Ni, Ag, Sn, Ti, V, Zn
- Contaminantes: B, Ca, K, Si, Na
- Aditivos: Ba, B, Ca, Cr, Cu, Mg, Mo, P, Si, Zn
- El Spectroil Q100 se fabrica para ambientes de laboratorios.
- Posee un pequeño disco rotativo que hace la función de electrodo.
- El Spectroil Q100 utiliza una capa única de doble óptica con múltiples detectores CCD (charge coupled device). Un total de 15 detectores CCD están montados en el Círculo Rowland con el fin de cubrir el rango de longitud de onda 200 a 800 nm de los elementos de interés.
- Proporciona una alerta temprana de desgaste anormal
- No requiere preparación de muestras
- Tiempo de análisis: 30 seg
- Analiza todos los elementos al mismo tiempo
- Consumibles estándares y de fácil acceso
- No requiere suministros especiales o gases, sólo la alimentación de corriente AC.
- Capacidad eléctrica: 220 VAC, 60 HZ, 4.2 A

- Dimensiones

Medidas (L x W x H)

66x40x74 cm

26x16x29 in

- Peso 75 kg (165 lbs)

Espectrómetro FTIR: Para determinar la degradación del aceite, en comparación con su estado original, se utiliza la tecnología de espectro infrarrojo. Como se explicó detalladamente en el capítulo dos, un haz de luz infrarroja atraviesa la muestra de aceite usado. La absorbancia se mide y compara con la del mismo aceite nuevo. Los resultados en mm, permiten determinar el nivel de deterioro del aceite por oxidación, nitración y sulfatación, así como el nivel de contaminación con agua, combustible, glicoles y hollín. Hemos seleccionado la tecnología FTIR (Fourier Transform Infrared spectrometry) porque es más rápida y más precisa que los demás métodos de espectrometría infrarroja, y es la tecnología más usada por los laboratorios de aceites lubricantes, porque presenta la gran ventaja de determinar simultáneamente los valores de TBN y TAN del aceite.

Spectro FTIR Alpha Q410 analizador de aceite



Figura 5.6 Espectrómetro FTIR

Características:

El Spectro FTIR Alpha Q410 analizador de aceite está específicamente diseñado para el análisis molecular de aceite lubricante con el fin de determinar la degradación y la contaminación del aceite. Ha sido desarrollado y optimizado para programas de mantenimiento predictivo de acuerdo con normas ASTM y JOAP para la determinación rápida de oxidación, nitración, sulfatación, agua, glicol, dilución de combustible y hollín. El software incluido en este equipo evalúa también el nivel de agotamiento de los aditivos en los aceites lubricantes usados. También proporciona un análisis cuantitativo de TBN (en mg de KOH / g) para los aceite de motor y de TAN (en mg de KOH / g) para los aceites industriales. En la tabla se aprecia los rangos de medición:

Tabla 15 Rango de medición [20]

PARÁMETRO	RANGO
Hollin	0 – 6 % 0 – 300 abs/cm
Oxidación	0 – 30 abs/cm
Nitración	0 – 30 abs/cm
Sulfatación	0 – 30 abs/cm
Aditivo anti desgaste fosfato	0 – 30 abs/cm
Agua	0 – 6 % 0 – 30 abs/cm
Glicol	0 – 6 % 0 – 30 abs/cm
Gasolina y diésel	0 – 30 abs/cm
TAN	0 – 150 Mg KOH/g
TBN	0 – 300 Mg KOH/g

Fuente: Spectrooil

El SpectroFTIR Alfa Q410 es un instrumento de sobremesa que requiere poco espacio para la operación. Utiliza una innovadora patente de celda flip-top, para introducir y analizar la muestra. La introducción de la muestra es simple, fiable y elimina la necesidad de solventes. El sistema es fácil de usar y requiere poco entrenamiento para el operario.

Especificaciones:

- Rango espectral: celda seleniuro de zinc (ZnSe) flip-top (rango 6000 – 500 cm^{-1})
- Precisión de frecuencia: mayor de 2 cm^{-1}

- Interferómetro: ROCKSOLID, alineado con buena estabilidad
- Detector: DTGS
- Dimensiones (WxDxH): 22x30x12.5 cm
- Peso: 7 kg (15.5 lb)
- Capacidad eléctrica: 220 VAC, 60 HZ, 1.3 Amp.

Condiciones de operación:

- temperaturas: 18 a 35 °C
- Humedad: menor a 80°C
- Tiempo de análisis: 2,5 minutos

Punto de inflamación y punto de combustión: Entre las opciones de Copa Cerrada y Copa Abierta, descritas en el capítulo dos, hemos seleccionado el método de Copa Abierta Cleveland, de mayor rapidez en el análisis de muestras de aceite. Se ha escogido un modelo de costo y prestaciones ventajosas.

K13990 copa abierta de Cleveland

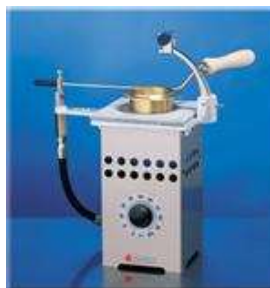


Figura 5.7 Copa abierta de Cleveland

K13990 determina el punto de inflamación y combustión por el método de la Copa Abierta Cleveland. Consta de aplicador de llama, vaso de bronce para prueba, soporte de termómetro, placa de calefacción y calentador eléctrico. El equipo está alineado con precisión según las especificaciones y los soportes para la aplicación del método en los intervalos de temperatura especificados. El soporte del termómetro posee una bisagra para facilitar la colocación y retirada de la taza de prueba. Facilidad para realizar el ajuste del tamaño de la llama utilizando una válvula de aguja.

Equipado con un calefactor de 1000W níquel-cromo con control continuo de calor que aumenta la temperatura en tasas exactas de acuerdo con las especificaciones del método.

La unidad de calefactor está encerrada en una carcasa de acero inoxidable con orificios de ventilación. El aplicador de llama y el soporte del termómetro se construyen de bronce.

Características

- Cumple con la norma ASTM D92
- Para los puntos de inflamación por encima de 79 ° C

Requisitos eléctricos

220V 60Hz, monofásico, 3.4Amp

Accesorios

Copa de bronce

Termómetro -6 a 400°C

Dimensiones LxWxH, in (cm)

10x5.5x14 (25x14x36)

Peso Neto: 8,5 libras (3,9 kg)

Tiempo de medición: 12 minutos por muestra

Medidor de espuma: Se ha seleccionado un equipo de la reconocida marca Koehler, que funciona acorde a la norma ASTM D 892. Debido al tiempo extenso de realización de esta prueba (45 minutos), se ha escogido un equipo capaz de trabajar con cuatro muestras simultáneamente, y que toma y registra las mediciones automáticamente mediante su propio software incorporado, liberando al operador del laboratorio para realizar otras tareas.

K43002 Medidor de espuma



Figura 5.8 Medidor de espuma

Puede realizar cuatro pruebas, dos a 24°C y dos a 93,5 °C simultáneamente. Consta de dos reservorios de 30.5x45.7 cm con dos cilindros de prueba de 1000 ml cada uno, inmersos en baños de temperatura constante, y provistos de difusores certificados conectados a tubos de suministro de aire con sus respectivos caudalímetros calibrados a 94mL/min. Se encuentra equipado con controles de temperatura por microprocesador, calentadores de cobre y agitadores para mantener la uniformidad de la temperatura con una exactitud de $\pm 0,5$ ° C. Las dos pantallas proporcionan valores de temperatura reales en °C y °F. Los cilindros del ensayo se mantienen firmemente en su lugar mediante un sistema de sujeción rápida. Los controles del equipo están encerrados en una base de acero con acabado de poliuretano resistente a productos químicos. El software utilizado es el RS232.

Accesorios incluidos:

Cilindros de prueba, 1000ml (4)

Los difusores, calibrado y certificado (4)

Tubería para el suministro de aire (4)

Tubería para la salida de aire (4)

Tapones de goma (4)

Taque para baño (2)

Soporte del estante (1)

Software RS232

Especificaciones

Cumple con las especificaciones de:

ASTM D892, IP 146, DIN 51566; FTM 791-3211, NF T 60-129

Caudal de aire: 94mL/min

Temperatura del baño: 24 ° C y 93,5 ° C - Operación Variable

Control de Temperatura: Digital

Requisitos eléctricos: 110V, 60Hz, 16A

Dimensiones (LxWxH): 82x38x79.4 cm

Peso neto: K43002: 108 lbs (49kg)

Demulsibilidad: La capacidad de un aceite lubricante para separarse del agua es una característica funcional importante para aplicaciones que implican la contaminación con agua en presencia de agitación. Para medir el grado de demulsibilidad, dependiendo de la viscosidad del aceite, existen dos distintas normas ASTM que pueden aplicarse. La D 1401 para aceites de menos de 90 cSt a 40°C y la D 2711 para aceites de 90 cSt o más cSt a 40°C. El equipo seleccionado puede usarse en cualquiera de los dos casos, y la toma de mediciones es automática.

K39200 Ensayo de demulsibilidad



Figura 5.9 Medidor de demulsibilidad

Método de Prueba

Se mide el nivel de separación de una mezcla de agua y aceite, a temperatura controlada y luego de un período de tiempo determinado.

Características

- Capacidad para siete muestras al mismo tiempo.
- Agitador digital con control de microprocesador que incorpora funciones avanzadas para la facilidad de operación
- Microprocesador de control de temperatura con pantalla digital.
- Cumple con la norma ASTM 1401 y 2711.

En el calefactor se van a encontrar 7 muestras otorgando completa visibilidad, las muestras de 100 ml se sumergen a la profundidad adecuada según la norma ASTM e ISO. Los soportes están fabricados en acero inoxidable. Un

microprocesador de inmersión en la circulación del calefactor controla la temperatura del baño con una precisión ± 1 ° C y estabilidad en todo el rango de operación de 25 ° C a 150 ° C.

Agitador con microprocesador - Para evitar el movimiento de la muestra. El agitador digital ofrece una flexibilidad total para la duración del ensayo y la velocidad de agitación con sólo pulsar un botón. La cuenta del tiempo de inactividad figura de manera destacada en un panel LCD. Un amplio rango de agitación de 60 a 1800 rpm para pruebas personalizadas con ± 1 rpm de precisión, y el operador puede seleccionar un tiempo de agitación de hasta 99,99 minutos. Al final del intervalo seleccionado, el agitador se apaga automáticamente y alerta al operador con señales visuales que el período de sedimentación ha comenzado. Para mayor comodidad, todos los parámetros de ensayo se almacenan en la memoria y se repiten en las pruebas subsiguientes hasta que se cambien por el operador.

Cumple además con las especificaciones de: ASTM D6074, D6158, ISO 6614, DIN 51599, FTM 791-3201

Agitador: 1/10hp (75Watts), alto torque

Rango de temperatura del baño: 25 ° C a 150 ° C

Control de estabilidad: $\pm 0,05$ ° C

Construcción: Pyrex TM frasco de vidrio de 12x12 pulgadas

Medio: El agua o aceite blanco técnico

Requisitos eléctricos

220V 60Hz, 6Amp

Dimensiones LxWxH, cm

30.5x30.5x96.5 cm

Peso: 55 lbs (24.9kg)

Tiempo de prueba: 30 minutos

Karl Fisher: Además de la medición rápida del contenido de agua realizado por el equipo FTIR, se ha seleccionado un Titulador Karl Fisher para realizar mediciones más completas (tanto de agua disuelta, como emulsionada y libre). El rango de agua a medirse va de 1ppm hasta 100%.

K903-01 Titulador Coulométrico Karl Fisher



Figura 5.10 Titulador Karl Fisher

Método de Prueba

Determina el contenido de agua en el petróleo y productos petroquímicos incluyendo aceites, gasolinas, disolventes y líquidos, así como otros productos tales como productos farmacéuticos y cosméticos

- Cumple con los métodos y especificaciones: ASTM D 1533, D4928, D6304, IP 386, IP 438, API MPMS Cap. 10,9, BS 60814, ISO 10101-3, ISO 10337, ISO 12937
- Manejo sencillo
- Multi-idioma de la pantalla y copia impresa
- Ocupa poco espacio
- Compensación automática de errores

El K903-01 ofrece nuevos estándares en versatilidad y facilidad de operación. Proporcionar determinaciones rápidas, precisas y reproducibles de contenido de agua. Diseñados para ser utilizados tanto para satisfacer las necesidades de rutina del laboratorio de control de calidad o los requisitos más exigentes y variadas aplicaciones de investigación. Se incorpora una impresora térmica en el equipo que proporciona los resultados, junto con las estadísticas, los parámetros de entrada de datos, números de identificación de la muestra y la hora-fecha de análisis. En el corazón del K903-

01 se encuentra el sistema de control ACE (compensación de errores automático). Este garantiza que la corriente de electrólisis este siempre sincronizado con la tasa de conteo de la muestra, independiente de los cambios en la resistencia de la célula de electrólisis.

Especificaciones

Método de valoración: coulométrica Karl Fischer

Electrólisis control: Patentado "ACE" sistema de control

Fin de detección de punto: Polarización AC

Indicación de punto final: Visualización / impresión / sonido

Pantalla: LCD de 40 caracteres alfanuméricos.

Rango de medición (posible): 1 g - Agua 100 mg

Rango de medición (típico): 1 g - Agua 10 mg

Rango de humedad: 1 ppm - 100%

Max. sensibilidad: 0,1 g

Max. velocidad de titulación: 2,0 mg por minuto

Max.corriente: 400 mAmp

Compensación de la tendencia: Controla automáticamente

Inicie el tiempo de retardo: 0 - 30 minutos, seleccionable por el usuario

Fuente de alimentación: 110VAC, 60 Hz Entrada universal

Precisión: 10-100 microgramos $\pm 3\mu\text{g}$, 100 microgramos-1mg $\pm 5\mu\text{g}$, por encima de 1 mg $\pm 0,5\%$

Modos de cálculo: programables por el usuario (peso / peso, Peso / relación de dilución, Volumen / densidad, Volumen / volumen)

Formato de visualización: g, mg / kg, ppm, %

Formato de impresión: g, mg / kg, ppm, %

Estadísticas: max, media, valores mínimos hasta 99 lecturas

Método de almacenamiento: 10 métodos programables

Impresora: Impresora térmica de alta velocidad de 42 caracteres

Velocidad de agitación: Controlado por microprocesador

Dimensiones: 250 x 245 x 120 mm

Peso: 3 kg

Reactivos: paquete de 8 x 100 ml reactivo ánodo, 8 x 5 ml de reactivo cátodo.

Tiempo promedio por muestra: 5 minutos

Viscosímetro de Baño de Aceite: Es el equipo de uso general que mide el parámetro más importante de los aceites lubricantes: la viscosidad cinemática. Funcionan mediante la medición del tiempo que tarda el aceite en circular una determinada distancia en un tubo capilar graduado. Dado que

es común medir la viscosidad a dos temperaturas estándares (40 y 100°C), hemos seleccionado dos equipos que se mantendrán cada uno a una de esas temperaturas. El equipo seleccionado hace lecturas automáticas y trabaja con seis muestras simultáneamente.

K23377 Medidor de viscosidad cinemática a temperatura constante.



Figura 5.11 Viscosímetro

Método de Prueba

La medición de la viscosidad cinemática es de importancia primordial en los aceites lubricantes. Los viscosímetros capilares calibrados se utilizan para medir el flujo por gravedad o vacío a temperaturas controladas con precisión.

Características:

- Capacidad para seis viscosímetros capilares
- Control de temperatura variable.
- Medio: Baño de aceite blanco técnico

- Cumple con la norma ASTM D445

El equipo tiene capacidad para seis tubos capilares de 2" (51mm) de diámetro. La temperatura del baño se puede estabilizar dentro de $\pm 0,01$ ° C ($\pm 0,02$ ° F). Se puede realizar la prueba para temperaturas hasta 150 ° C (302 ° F). Posee un control de temperatura límite que permite al operador seleccionar un punto de corte del calentador proteger contra el sobrecalentamiento accidental. La unidad de control incluye calentador de inmersión, agitador y sonda de temperatura. El equipo se compone de una placa superior que descansa en un tanque tipo Pyrex de dimensiones 12x12" (30.5x30.5cm).

Requisitos eléctricos

110V 60Hz, 6A

Peso: 11.3 kg.

Tiempo de prueba: 6 muestras cada 10 minutos

Conteo de partículas: Para aceites funcionando en sistemas hidráulicos y turbinas, se ha difundido en los últimos años la práctica de medir los niveles de limpieza del aceite según la norma ISO 4406 del año 1999. El equipo seleccionado permite mediciones rápidas y precisas del número de partículas sólidas presentes en cada mililitro de aceite, simultáneamente en los tres rangos de tamaño establecidos por la norma.

LPC 02 – SET Contador de partículas



Figura 5.12 Contador de partículas

Características:

El LPC 02 – SET es un contador de partículas solidas. Determina el nivel de contaminantes de forma precisa de acuerdo a la norma ISO 4406:99, NAS 1638 y SAE AS 4059.

El set de laboratorio está comprendido de un contador de partículas (LPC 02), un sensor laser (LS 01) y una botella de alimentación de la muestra (BSS 2).

También cuenta con un software de evaluación integrada que permite al usuario obtener el análisis de datos de las mediciones realizadas

Especificaciones LS01:

Principio de medición: Bloqueo de luz

Presión de operación: 1.45 a 725 psi

Viscosidad: 5 a 100 cSt a 40°C

Máxima tasa de flujo: 0.05 gpm

Límite de coincidencia: 24000 partículas/ml

Calibración: ISO MTD en aceite.

Especificaciones LPC 02:

Datos de salida: número de partículas, acorde a la clase de combinación ISO 4406:99 (4 μ m, 6 μ m y 14 μ m en u/ml de aceite)

Presión de operación: de 0 a 58 PSI

Viscosidad: 0.2 a 0.62 in²/s

Volumen de medida: 10 ml

Generador de energía: 110 V, 60 HZ, 1.2 Amp

Interface: USB

Dimensiones (Lxwxh): 32x17.5x20 cm

Peso: 6 Kg.

Tiempo por muestra: 3 minutos

5.3. Otras consideraciones para el diseño del laboratorio

En este apartado se revisarán todas las consideraciones que debe cumplir un laboratorio de calidad, siendo el objetivo principal de esta sección poder cumplir con todas las normas de calidad necesarias para acceder a la acreditación y certificación ISO 17025. Este objetivo permitirá al laboratorio ser competitivo a nivel nacional e internacional.

También se toma en cuenta las normas de Seguridad y Salud ocupacional cumpliendo con lo indicado por el S.E.S.O. La

programación de calibración y mantenimiento de los equipos es muy importante ya que de su buen funcionamiento depende la veracidad de los resultados.

5.3.1. Normas de calidad y certificaciones para laboratorios

Las razones principales por las cuales un laboratorio se acredita son:

- Identificar el nivel técnico específico del laboratorio.
- Establecer estándares mínimos de competencia.
- Mejorar el cumplimiento de Normas.
- Conocer los requerimientos regulatorios.
- Asegurar la aceptación de los datos del laboratorio.

La certificación de un laboratorio es el reconocimiento formal, de que un laboratorio es competente para cumplir pruebas específicas u otras definidas por diferentes entidades. La certificación es otorgada por un organismo de acreditación reconocido, después de la evaluación en sitio del sistema de administración de calidad y la capacidad técnica, realizada por evaluadores calificados que se cercioraran de: cumplimiento de los requisitos técnicos de cada método, los procedimientos de calibración y la expresión de la exactitud de cada medición.

Organización de la Norma ISO 17025 [11]

1. Alcance
2. Referencia de Normas.
3. Términos y Definiciones.
4. Requisitos Administrativos.
5. Requisitos Técnicos.

El alcance está dado por el cumplimiento de los requerimientos solicitados en la norma. La referencia de las normas, se utilizan en la realización de cada ensayo para certificar los procedimientos del mismo. Los términos y definiciones utilizados en los documentos y reportes deben estar completamente claros para el usuario. Los requisitos administrativos como el sistema de calidad, el control de documentos entre otros serán también evaluados por los auditores que realicen la certificación.

Los puntos bases para obtener una acreditación al momento de realizar la verificación por parte de los auditores siempre serán los Requisitos Administrativos y los Requisitos Técnicos. Siendo los requisitos administrativos de un enfoque más interdisciplinario, referidos a la parte económica, repartición de cargos, manejo de documentación, etc.

Revisaremos a continuación más a fondo los requerimientos técnicos solicitados en la norma ISO 17025;

Requisitos Técnicos.

Se han señalado nueve factores que determinan la exactitud y confiabilidad de los ensayos y/o calibraciones realizadas por un laboratorio. El grado en el cual esos factores contribuyen a la incertidumbre total de las mediciones depende de los distintos tipos de ensayo y de calibración. Siempre el laboratorio debe tomar en cuenta esos nueve factores claves en el desarrollo de sus procedimientos. Dichos factores son;

1. Personal.

La dirección del laboratorio debe asegurar la competencia de todo aquel que opera un equipo específico, ejecuta ensayos y/o calibraciones, evalúa los resultados y firma los informes de los ensayos y los certificados de calibración.

2. Local y Condiciones Ambientales.

La norma nos dice que; las instalaciones del laboratorio para ensayos y/o calibraciones, incluyendo pero no limitado a, fuentes de energía, iluminación y condiciones ambientales, deben ser tales que faciliten la ejecución correcta de los ensayos y/o calibraciones. Asegurando que las condiciones

ambientales no invaliden los resultados o afecten adversamente la calidad requerida de cualquier medición.

El laboratorio debe hacer seguimiento, controlar y registrar las condiciones ambientales, requeridas por especificaciones, métodos y procedimientos pertinentes o cuando estas condiciones influyan en la calidad del resultado, por lo que se debe poner atención;

- A la esterilidad biológica
- Polvo
- Interferencia electromagnética.
- Radiación
- Humedad
- Suministro eléctrico
- Temperatura
- Niveles de Ruido y Vibraciones.

3. Métodos de ensayo y calibración y validación de métodos.

En el laboratorio se usaran métodos y procedimientos apropiados para todos los ensayos y/o calibraciones dentro de su alcance, lo que incluye: muestreo, manejo, transporte, almacenamiento y preparación de los ítems a ser ensayados

y/o calibrados, y cuando fuese apropiado, una estimación de la incertidumbre de la medición así como las técnicas de estadística para el análisis de datos.

El laboratorio debe tener instrucciones sobre el uso y funcionamiento de todo el equipo pertinente, y sobre el manejo y preparación de los ítems para el ensayo. Todas las instrucciones, normas manuales y datos de referencia pertinentes al trabajo del laboratorio deberán mantenerse vigentes y estar fácilmente disponibles al personal.

Selección de Métodos.

El laboratorio debe usar métodos de ensayos y/o calibración, incluyendo métodos de muestreo que cumplan con las necesidades del cliente y que sean apropiados para los ensayos y/o calibraciones que se realizan. Se utilizan preferiblemente métodos publicados en normas nacionales, internacionales o por organizaciones técnicas reconocidas asegurando el uso de la última edición de la norma.

Cuando el cliente no especifica el método a utilizar se debe seleccionar el método apropiado, informándolo cuando algún método propuesto por este considere el laboratorio inapropiado o desactualizado.

Hay que tomar en cuenta varios factores en la selección del método como son:

Métodos desarrollados por el laboratorio.- la introducción de un método desarrollado por el laboratorio para su uso propio debe ser una actividad planificada y asignada a un personal calificado equipado con recursos adecuados.

Métodos No-normalizados.- cuando se empleen métodos no cubiertos por normas reconocidas, estos deben estar sujetos a acuerdos con el cliente incluyendo una especificación clara de los requisitos solicitados, validándolos antes de ser utilizados.

Validación de métodos.- es la confirmación por exámenes y la provisión de evidencias objetivas de que los requisitos particulares para un uso específico previsto son cumplidos. Un laboratorio debe validar métodos no normalizados, diseñados por el laboratorio, y métodos normalizados usados fuera de su alcance proyectado.

Estimación de la incertidumbre.- los laboratorios de ensayos deben tener y aplicar procedimientos para estimar la incertidumbre de la medición. Algunos métodos de ensayos puede impedir cálculos válidos de la incertidumbre de la

medición, en estos casos se intentará al menos identificar los componentes de la incertidumbre y hacer una estimación razonable.

Control de los datos.- los cálculos y la transferencia de los datos deben estar sujetos a una verificación apropiada de una manera sistemática.

4. Equipos.

Los equipos software utilizados para el ensayo, calibración y muestreo deben ser capaces de alcanzar la exactitud requerida y deben cumplir con las especificaciones pertinentes a los ensayos. Antes de colocarlos en servicio, los equipos deben ser calibrados y verificados para establecer que cumplen los requisitos especificados del laboratorio.

Se deben mantener registros de cada muestra del equipo y su software los cuales deben incluir: identificación del equipo, nombre del fabricante, número de serial, ubicación, última fecha de calibración, futura fecha de calibración, plan de mantenimiento, reparaciones realizadas al equipo.

5. Trazabilidad de la Medición.

Todo equipo utilizado para ensayos y/o mediciones, incluyendo equipos para mediciones auxiliares que tengan un

efecto significativo sobre la exactitud o validez de los resultados de calibración, ensayo o muestreo, debe ser calibrado antes de ser puesto en servicio.

En todos los laboratorios de ensayos, el programa para calibrar el equipo debe ser diseñado y operado para asegurar que las calibraciones y las mediciones realizadas por el laboratorio son trazables al Sistema Internacional.

La trazabilidad a las unidades de medida del SI puede ser lograda por referencia a un patrón primario apropiado o por referencia a una constante natural. Todo material de referencia debe, en lo posible, estar trazado a las unidades de medición del SI, o a materiales de referencia certificados.

6. Muestreo.

El laboratorio debe tener un plan y procedimientos para el muestreo, los mismos que deben estar disponibles en el sitio donde se realizará. Los planes de muestreo deben estar basados en métodos estadísticos apropiados, cuando sea razonable y el proceso de muestreo debe tomar en cuenta los factores a ser controlados para asegurar la validez de los resultados del ensayo.

Cuando algún cliente requiera desviaciones, adiciones o exclusiones al procedimiento documentado, debe registrarse el hecho en detalle con los datos apropiados del muestreo y deben ser incluidas en todos los documentos que contienen los resultados del ensayo.

El laboratorio debe tener procedimientos para registrar los datos pertinentes y las operaciones relacionadas al muestreo que forma parte del ensayo o la calibración que está siendo llevada a cabo. Estos registros deben incluir el procedimiento de muestreo usado, la identificación del personal que lo ejecuta, las condiciones ambientales y diagramas u otro medio equivalente para identificar el sitio de muestreo si es necesario.

7. Manejo de ítems de ensayo.

El laboratorio debe tener procedimientos para el transporte, recepción, manejo, protección, almacenamiento, retención y/o disposición de las muestras de ensayo, incluyendo todas las provisiones necesarias para proteger la integridad de la muestra.

El laboratorio debe tener un sistema para la identificación de las muestras durante su permanencia en el mismo, el cual

debe garantizar que no se confundan físicamente, en el momento de la recepción de muestras.

8. Calidad de los resultados de ensayo.

Los procedimientos de control de calidad deben hacer seguimiento a la validez de los ensayos y calibraciones realizadas. Los datos resultantes deben ser registrados de tal manera que se pueden detectar tendencias. Este seguimiento debe ser planificado y revisado y puede incluir pero no estar limitado a, lo siguiente:

- Uso regular de materiales de referencia certificados
- La participación en comparaciones Inter-laboratorios o programas de ensayos de aptitud.
- La réplica de ensayos o calibraciones utilizando el mismo o diferente método.
- El reensayo de muestras aleatorias
- La correlación de los resultados para diferentes características de muestras.

9. Informe de Resultados.

Los resultados de cada ensayo, calibración o serie de ensayos realizados en el laboratorio, deben ser informados con exactitud, de manera clara, no ambigua y objetiva.

Cada ensayo o informe de calibración debe incluir por lo menos la siguiente información:

- Un título.
- Nombre y dirección del laboratorio y la ubicación donde fueron realizados los ensayos.
- Identificación única del informe del ensayo (tal como un número de serial), y en cada página una identificación para asegurar que es reconocida como parte del informe de ensayo.
- Nombre y dirección del cliente.
- Identificación del método usado
- Descripción del estado e identificación de la muestra.
- Fecha de recepción de la muestra.
- Referencia del plan de muestreo y procedimientos utilizados por el laboratorio.
- Los resultados del ensayo o la calibración con las unidades de medición
- Los nombres, función, y firmas de las personas que autoricen el informe de resultados del ensayo.
- Siempre adjuntar el respectivo certificado de calibración del equipo en que se realizó el ensayo.

5.3.2. Seguridad y prevención de accidentes

Dado que se cuenta en los laboratorios con equipos, instrumentos, muestras y reactivos que podrían generar daños o perjuicios por su mal manejo o utilización, siguiendo los pasos descritos en la normativa NTC OHSAS 18002, se propone un plan de seguridad para el manejo correcto de los equipos que puedan presentar peligro.

Planificación para la identificación de peligros, evaluación de riesgo y control de riesgos [12]

La organización debe establecer y mantener procedimientos para la continua identificación de peligros, la evaluación de riesgos y la implementación de las medidas de control necesarias. Estos procedimientos deben incluir:

- Actividades rutinarias y no rutinarias;
- Actividades de todo el personal que tenga acceso al sitio de trabajo
- Las instalaciones en el sitio de trabajo, provistas por la organización o por terceros.

La organización debe asegurar que los resultados de estas evaluaciones y los efectos de estos controles sean tomados en cuenta cuando se fijen los objetivos de **S & S O**.

La complejidad de los procesos de identificación de peligros, evaluación de riesgos y control de riesgos depende en gran parte de factores tales como el tamaño de la organización, las situaciones relacionadas con el sitio de trabajo dentro de la organización y la naturaleza, complejidad e importancia de los peligros.

En los procesos de identificación de peligros hay que tener la disponibilidad de información como la siguiente:

- Detalle de procedimientos de control de cambios
- Planos (s) del sitio
- Flujo gramas de los procesos;
- Inventario de materiales peligrosos (materias primas, productos químicos, desechos, productos, subproductos);
- Información toxicológica y otros datos de **S & S O**;
- Datos ambientales del lugar de trabajo.

Identificación de peligros, evaluación de riesgos y control de riesgos

Las medidas para la gestión en riesgos deberían reflejar el principio de la eliminación del peligro cuando sea posible, seguido por la reducción de riesgos ya sea disminuyendo la probabilidad de ocurrencia o la severidad potencial de

lesiones o daños, o la adopción de elementos de protección personal (**EPP**). La identificación de peligros, evaluación de riesgos y control de riesgos son la herramienta clave en la administración del riesgo.

Los procesos de identificación de peligros, evaluación de riesgos y control de riesgos se deberían documentar, incluyendo los siguientes elementos:

- Identificación de peligros;
- Evaluación de los riesgos con medidas de control existentes en el lugar;
- Evaluación de la tolerabilidad del riesgo residual;
- Identificación de cualquier medida adicional de control de riesgo necesaria;
- Evaluación de que las medidas de control de riesgos son suficientes para reducir el riesgo a un nivel tolerable.

Siguiendo la secuencia descrita hacemos la evaluación de los riesgos presentes y quienes las podrían ocasionar, encontrando el mayor riesgo de accidente en el Laboratorio de aceites lubricantes, a la emanación de gases inflamables y ensayos que utilizan elevada temperatura.

Un buen manejo de lubricantes permite proteger a las personas, las instalaciones y el entorno donde éstas se

encuentran, evitando o minimizando el riesgo de incendios y la contaminación del medio ambiente.

Los lubricantes son inflamables bajo determinadas condiciones de concentración de gases y temperatura. Por esto es importante que las áreas destinadas a la manipulación de lubricantes estén alejadas de fuentes de calor y adecuadamente ventiladas. Para el almacenamiento de materias inflamables se debe utilizar armarios apropiados y se debe evitar derrames en las operaciones de vaciado. Debe evitarse el almacenamiento en lugares donde operen equipos eléctricos.

El riesgo de incendio y las medidas de prevención deben indicarse con señalización adecuada en los lugares donde sea necesario. Se debe mantener equipos extintores adecuados en los lugares críticos.

El almacenamiento de lubricantes debe realizarse en áreas seguras con un tamaño adecuado para realizarlo de manera ordenada y con facilidad de manipulación. Para esto, todos los contenedores deben estar bien identificados. La superficie de las bodegas o áreas habilitadas debe ser impermeable y mantenerse siempre limpia. Estos lugares deben estar

protegidos evitando el posible arrastre de productos. Las instalaciones del laboratorio deben estar bien ventiladas, para evitar la acumulación de vapor inflamable, y alejadas de fuentes de calor. En cualquier caso, siempre se debe contar con extintor apropiado para combatir un eventual incendio. Se debe contar con señalización adecuada de orden, seguridad y prevención de incendios.

Al prevenir las fugas y derrames de combustibles y lubricantes se previene el riesgo de un incendio que puede afectar a las personas e instalaciones. Por otra parte, con un manejo adecuado se evita o minimiza el riesgo de contaminación de suelos y aguas, con lo que se protege la salud de los trabajadores y de quienes transitan en el entorno del laboratorio.

Condiciones a tener en cuenta para un manejo seguro

- No guardar ni consumir alimentos o bebidas, ni fumar en los lugares donde se utilicen estos productos.
- Evitar el contacto con la piel, así como la impregnación de la ropa con aceites minerales, grasas y demás derivados de petróleo.

No reutilizar botellas de agua o contenedores de bebidas, rellenándolos con los productos en cuestión. Cuando sea necesario trasvasarlos desde su envase original a otro más pequeño, usar recipientes especiales para productos químicos y etiquetarlos adecuadamente, debiendo permanecer siempre bien cerrados.

En caso de duda, consultar la hoja de datos de seguridad de cada producto en particular.

Primeros auxilios

En caso de inhalación: Respirar aire fresco. Si fuera preciso, practicar respiración boca a boca o mediante medios instrumentales.

En caso de contacto con la piel: Lavarla con abundante agua. Si se ha impregnado la ropa, debe retirarse de inmediato y cambiarse por otra limpia.

En caso de contacto con los ojos: Enjuagarlos con abundante agua durante unos 10 minutos, manteniendo los párpados abiertos. Aplicar un colirio y si es necesario, acudir a un oftalmólogo.

En caso de ingestión: No inducir el vómito. Beber agua en abundancia.

La señalización de seguridad y de salud a "la que referida a un objeto, actividad o situación determinadas, proporcione una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual, según proceda". Pictograma es la imagen que describe una situación u obliga a un comportamiento determinado utilizado sobre una señal en forma de panel o sobre una superficie luminosa.

Manipulación de muestras y reactivos

Dentro de los aspectos fundamentales que deben incluirse en un programa de seguridad del laboratorio se encuentra la manipulación inicial de las muestras, reactivos y su conservación. En este punto, el laboratorio debe establecer en sus regulaciones las medidas para la manipulación inicial de las muestras con el fin de evitar su contaminación o descomposición que luego, afectarán los resultados finales del ensayo. Para este caso se deberán seguir rigurosamente las recomendaciones que contiene la norma ASTM correspondiente para cada prueba de análisis de combustibles y lubricantes. No obstante, existen algunas medidas básicas

para la manipulación de ácidos, reactivos y otras sustancias químicas peligrosas, las cuales se mencionan a continuación:

- Use campana de extracción de gases tóxicos siempre que caliente ácidos o realice reacciones que liberen vapores o gases.
- Al diluir, siempre agregue los ácidos sobre el agua, al menos que exista otra indicación en el método.
- Evite contacto con la piel, los ojos y tracto respiratorio y proteja sus ojos de salpicaduras.
- Si se derrama ácidos en la piel, lave inmediatamente con abundante agua.
- Use careta protectora o anteojos de protección y guantes de goma gruesos cuando manipule estos reactivos.
- No mezcle residuos de solventes.
- No permita que los vapores se concentren a niveles de inflamabilidad en el área de trabajo, porque es casi imposible eliminar todo peligro de chispas procedente de electricidad estática.

Igualmente, es necesario establecer normas esenciales para el tratamiento y disposición de los residuos. Estos pueden tener como destino final su recuperación, transformación o el

traslado hacia lugares adecuados para su eliminación. Muchos de estos residuos, antes de darle el destino correspondiente, es necesario desactivarlos de su condición de peligrosidad y almacenarlos en recipientes preparados para el efecto. Por lo anterior, se debe tener en cuenta:

- Tener a disposición recipientes de material y tamaño apropiados, según las características del residuo.
- Los recipientes colectores deben tener un cierre hermético y estar bien identificados y rotulados con el tipo de sustancia contenida.
- En el almacenamiento de productos químicos (reactivos y muestras de aceite) se han desarrollado normas que permiten clasificarlos con base en su mayor o menor riesgo para el ser humano y su entorno. Uno de estos sistemas de clasificación y almacenamiento de productos químicos construidos por la compañía MERCK que incluyen cuatro aspectos básicos:
 - Riesgo por inflamabilidad.
 - Riesgo por contacto.
 - Riesgo para la salud.
 - Riesgo por reactividad.

El sistema MERCK emplea el sistema de familias químicas el cual podemos observar en la tabla 16 y con la ayuda de un cuadro de separación de materiales peligrosos en el gráfico 5.13 se determina cuales reactivos se pueden almacenar juntos:

- A. Explosivos
- B. Gases inflamables
- C. Gases no inflamables
- D. Líquidos inflamables
- E. Sólidos inflamables
- F. Espontáneamente combustibles
- G. Peligroso al contacto con humedad
- H. Sustancia oxidante
- I. Peróxidos orgánicos
- J. Tóxicos
- K. Sustancia radiactiva
- L. Corrosivos
- M. Otros menos peligrosos

Tabla 16 Sistemas de familias químicas [21]

INORGÁNICOS	1. Azufre, Fósforo y Arsénico
	2. Haluros, Sulfatos y Fosfatos
	3. Amidas y Nitratos
	4. Metales e Hidruros (lejos de agua)
	5. Cianuro y Cianato
	6. Hidróxidos, Óxidos, Carbonatos y Carbón
	7. Carburos y Nitruros
	8. Boratos, Cromatos y Manganatos
	9. Ácidos en la base
ORGÁNICOS	1. Alcoholes, Glicoles, Amidas y Azúcares
	2. Hidrocarburos, Ésteres, y Aldehídos
	3. Éteres, Cetonas y Halogenados
	4. Sulfuros y Nitrilos
	5. Fenoles y Cresoles
	6. Peróxidos y Ácidos

Fuente: MERCK.

0: Riesgo mínimo

1: Riesgo leve

2: Riesgo moderado

3: Riesgo alto

4. Riesgo extremo

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
A		4	2	4	4	4	4	4	4	2	2	4	
B	4		X	2	1	2	1	2	4	X	2	1	
C	2	X		2	X	1	X	X	2	X	1	X	
D	4	2	2		2	2	2	2	3	X	2	1	
E	4	1	X	2		1	1	1	2	X	2	1	
F	4	2	1	2	1		1	2	2	X	2	1	
G	4	1	X	2	1	1		2	2	X	2	1	
H	4	2	X	2	1	2	2		2	1	1	2	
I	4	4	2	3	2	2	2	2		1	2	2	
J	2	X	X	X	X	X	X	1	1		X	X	
K	2	2	1	2	2	2	2	1	2	X		2	
L	4	1	X	1	1	1	1	2	2	X	2		
M													

Figura 5.13 Cuadro separación de materiales peligrosos [21]

5.3.3. Programa de calibración y mantenimiento de equipos

A partir del listado de los equipos con que cuenta el laboratorio de análisis de aceites lubricantes, se procede a implantar un “plan de calibración y mantenimiento” como parte fundamental del sistema de calidad.

Plan de mantenimiento

El tipo de mantenimiento necesario en los equipos se especifica en base a las indicaciones de los proveedores y la experiencia del propio laboratorio. El plan de mantenimiento debe cubrir todos los equipos y definir las actividades a realizar y su periodicidad. Las actividades u operaciones deben ir encaminadas a predecir, prevenir, o en su caso corregir, fallos, deterioros, averías o un mal funcionamiento de

los equipos. Este plan debe incluir tanto el mantenimiento interno del propio laboratorio, como los externos.

Las operaciones de mantenimiento que se efectúen de un equipo, tales como: limpieza, revisiones, comprobaciones, sustituciones, reposiciones de material fungible, etc. deben anotarse en un diario o ficha/registro de mantenimiento diseñado para esta finalidad.

Plan de calibración

Este plan viene definido de la siguiente manera:

- Equipos que se calibran

El plan va a incluir los siguientes equipos: Medidores de temperatura y/o humedad, copa abierta de Cleveland, equipos analíticos (balanza, espectrómetro de emisión atómica, FTIR, viscosímetro, medidor de demulsibilidad, medidor de espuma, titulación por Karl Fisher), equipos auxiliares (cabina extractora de gases).

- Calibración mediante un ente externo

En el caso de las calibraciones realizadas por servicios externos especializados, éstos deben seguir los procedimientos normalizados establecidos en los protocolos

del equipo con el fin de asegurar que las especificaciones con las que el equipo fue fabricado se mantengan.

- Las actividades a realizar y los procedimientos a aplicar

El procedimiento de calibración interna para cada uno de los parámetros a calibrar, debe describirse de forma detallada identificando: tipo, clase, especificación o referencia y la periodicidad de calibración establecida.

Se pueden realizar procedimientos de calibración de acuerdo a un patrón de calibración o referencia, no es más que un peso o una sustancia con un valor determinado y certificado, la misma que al ser usada en el instrumento este deberá presentar el mismo valor que muestra dicho patrón o estar dentro de su rango de incertidumbre.

Es aconsejable comprobar de esta manera la precisión del equipo, por lo menos después de cada cierto número de mediciones o hacerlo mensualmente para comprobar que no haya ningún defecto en su funcionamiento.

- Periodicidad

Conviene diferenciar las calibraciones, periódicas o programadas, de las calibraciones que se ejecutan al realizar el análisis, como por ejemplo, los equipos analíticos que

tienen la forma de calibración en el propio procedimiento analítico.

Es necesario establecer la periodicidad de las calibraciones de los equipos, que podrá establecerse en función de varios factores, tales como: trascendencia de los resultados, grado de utilización del equipo, resultados de las calibraciones previas y recomendaciones de la información técnica disponible. Las calibraciones externas de los equipos contratadas con empresas especializadas se realizan de manera anual.

Entre los instrumentos que se deben calibrar una vez al año y mantener siempre su certificado de calibración al día tenemos:

- Colorímetro.
- Viscosímetro.
- Espectrómetro de emisión atómica.
- Espectrómetro FTIR
- Medidor de espuma
- Medidor de demulsibilidad
- Equipo Karl Fisher
- Baño de viscosidad
- Copa abierta de Cleveland

Cabe recalcar que no siempre se deberá esperar un año para realizar este proceso de calibración, ya que debido a factores de manejo incorrecto por parte del operador, pequeños golpes no ocasionales y otras incidencias de sus uso, los instrumentos se pueden des calibrar, por lo que se aconseja el uso de patrones de calibración o referencia que nos permitan tener una idea de la incertidumbre que presenta un equipo antes de realizar un análisis.

5.3.4. Secuencias de pruebas y flujo de materiales

Para obtener la distribución de los equipos nos remitimos al plan de mantenimiento predictivos donde lo hemos dividido en tres tipos: condición del lubricante, desgaste y contaminación. Según esta clasificación y la selección de los equipos los vamos a distribuir de la siguiente manera:

Condición del lubricante:

Colorímetro

Viscosímetro

Copa abierta de Cleveland

Medidor de espuma

Demulsibilidad

Desgaste:

Espectrómetro de emisión atómica

Contador de partículas

Contaminación:

Espectrómetro de emisión atómica

Karl Fisher

FTIR

En el ensayo para obtener la viscosidad del lubricante este debe medirse a la temperatura de 40°C y 100°C, si solo se utiliza un equipo de baño de viscosidad este ensayo tomaría mucho tiempo por lo que se planteó tener 2 equipos medidores de viscosidad.

Como podemos observar en la distribución de los equipos el espectrómetro de emisión atómica puede ser usado para la determinación del desgaste y contaminantes por lo que tenemos que ubicarlo en un lugar intermedio, así como el FTIR que mide el índice TAN y TBN que son parámetros de la condición del lubricante.

En la preparación de muestras y utilización de materiales estas serán ubicadas en un lugar independiente de los equipos donde pueda ser clasificada según el análisis requerido.

Para el flujo de los materiales y reactivos necesarios para los ensayos es fundamental detallar la recepción, revisión,

almacenamiento y consumo o salida de materiales y reactivo de la vitrina del laboratorio.

- Cada químico o reactivo deberá ser etiquetado con su fecha de recepción antes de ser colocado en los anaqueles.

- Cada químico deberán almacenarse en un lugar asignado, el cual no debe tener una humedad mayor al 80%, la temperatura puede ser variable ya que depende de las especificaciones técnicas del químico.

- Dado que los químicos y reactivo tienen fechas de caducidad hay que cumplir “entra primero, sale primero”, los nuevos materiales y reactivos deben colocarse detrás de los existentes respectivamente.

- La información que deberá colocarse en la base de datos de cada material y reactivo ingresado será;

Marcas, grado de concentración, cantidad máxima y mínima que se necesita tener almacenada, número o códigos de ubicación dentro de la vitrina y tipo de ensayo en la que es utilizada.

5.4. Diseño del área del laboratorio

Como se señaló previamente, la norma ISO-IEC 17025 (Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración) aclara con respecto al diseño del laboratorio que:

“Las instalaciones del laboratorio, incluyendo pero no limitándose a las fuentes de energía, iluminación y condiciones ambientales deben ser tales que faciliten el correcto desempeño de los ensayos... el laboratorio debe garantizar que las condiciones ambientales no invaliden los resultados o afecten de manera adversa la calidad requerida de cualquier medición”. [11]

En la ubicación del laboratorio se debe tomar en cuenta las posibles perturbaciones que alterarían la salud del operario, la conservación de los equipos y los resultados de los ensayos:

- Polvo
- Perturbaciones electromagnéticas
- Radiación
- Humedad
- Suministro eléctrico
- Temperatura
- Niveles de sonido y vibración

Tomando en cuenta estas consideraciones efectuamos el diseño del local. La distribución de los equipos se basó en la secuencia de las pruebas, e incluyó criterios adicionales como: ventilación, iluminación y el diseño eléctrico según las necesidades.

5.4.1. Diseño del local

Para determinar el área de trabajo de cada equipo se consideró dos aspectos fundamentales: el espacio ocupado por el equipo de la prueba correspondiente y el espacio para las actividades paralelas (preparación de reactivos y muestras, calibración de instrumentos) ejecutadas por el laboratorista. De esta manera, el cálculo del área de trabajo, para el análisis de lubricantes, tiene como base los equipos registrados en la tabla 17. Los equipos menores como balanzas, probetas, termómetros, etc. Se pueden guardar en los anaqueles ubicados en la parte inferior de los mesones.

Tabla 17 Área de los equipos

Equipos	Área
Colorímetro	0,07 m ²
Espectrómetro de emisión atómica + PC	0,93 m ²
Espectrómetro FTIR + PC	0,7 m ²
Copa abierta de Cleveland	0,04 m ²
Medidor de espuma + PC	0,98 m ²
Ensayo de demulsibilidad	0,1 m ²
Titulado coulométrico Karl Fisher	0,07 m ²
Viscosímetro (2 unid)	0,18 m ²
Contador de partículas	0.06 m ²
Extractor de gases	1.2 m ²
Servidor central de información	1 m ²
TOTAL	5.33 m²

Elaborado por Alejandro Mideros

Para determinar el área de trabajo en los mesones nos basamos en la Cleapss School Science Service [13] que recomienda un área para la ejecución de los ensayos de aproximadamente 0.36 m^2 .

De esta manera, el área necesaria para las actividades de análisis aceites lubricantes será:

Área total de equipos=	5.33 m^2
Área total de trabajo (10×0.36)=	3.60 m^2
Área total necesaria para realizar las pruebas=	8.93 m^2

Se necesita un área de 9 m^2 para realizar las pruebas de análisis en el laboratorio. Se dispondrán los mesones alrededor del área del laboratorio ubicando además en el centro un parador donde serán pondrán las muestras que ingresan y salen de los ensayos. Se dispone en una de las esquinas las vitrinas para guardar reactivos y materiales, y en otra esquina un escritorio donde el analista realizará los reportes de laboratorio y el trabajo administrativo.

Según la normativa INEN 2 247:2000 [14] tenemos que respetar un espacio entre el mesón y el parador central mínimo de 1.20 metros.

Siguiendo estos parámetros se diseñaron cuatro mesones laterales, tres para los equipos de un ancho de 80 centímetros, el cual es mayor al tamaño de todos los equipos y permite un espacio para la operación del analista. Los mesones 1, 2 y 3 se dimensionaron de la siguiente manera: 3.6 m², 3 m² y 2.4 m² respectivamente. Un cuarto mesón contiene un lavamanos y el dispositivo limpia ojos requeridos en el laboratorio. En el anexo B se ilustra el plano distribución física del laboratorio (1/4).

5.4.2. Distribución de los equipos

En base a la secuencia de pruebas se distribuyeron los equipos de manera que en cada uno de los tres mesones para equipos se realicen la prueba de: condición del lubricante, desgaste y contaminación, en ese orden. Una vez determinado los espacios por equipo la distribución será la siguiente:

El mesón 1 de 3.6 m²

1. Colorímetro
2. Viscosímetro (2 unid)
3. Medidor de espuma
4. Medidor de demulsibilidad
5. Copa abierta de Cleveland

El mesón 2 de 3 m²

1. Espectrómetro de emisión atómica
2. Contador de partículas

El mesón 3 de 2.4 m²

1. Karl Fisher
2. Espectrómetro FTIR

La campana de extracción de gases será ubicada a continuación del mesón 1 debido que la Copa abierta de Cleveland es el equipo que mayor cantidad de gases emana sin ser esta muy significativa debido a las pequeñas cantidades de muestras utilizadas.

En el anexo B se ilustra el plano distribución de los equipos de laboratorio.

5.4.3. Ventilación

El sistema de ventilación del laboratorio se divide en dos partes: la extracción de gases y el acondicionador de aire para confort.

Para dimensionar el acondicionador de aire utilizamos el programa facilitado por la empresa Carrier donde se introdujeron los siguientes datos:

- Tipo de construcción: Laboratorio

- La posición: debajo de un tejado y sobre un espacio habitado.
- Superficie del laboratorio m²: 46.4 m²
- Número de paredes exteriores: Dependerá del lugar donde sea asignado el laboratorio, mínimo 2
- Orientación del sol: Se colocó la condición más exigente donde el sol afecta directamente las paredes exteriores.
- Ventanas: 0
- Tipo de iluminación: Fluorescente alta.
- Fuentes de calor:
Computadores: 4
Impresoras: 2
Otras fuentes de calor: 7708 Watts (si todas se encontraran en funcionamiento)
Colorímetro: 20Watts
Viscosímetro (2 unid): 2332 Watts
Medidor de espuma: 1760 Watts
Medidor de demulsibilidad: 1320 Watts
Copa abierta de Cleveland: 770 Watts
Espectrómetro de emisión atómica: 1000 Watts
Contador de partículas: 132 Watts
Karl Fisher: 88 Watts

Espectrómetro FTIR: 286 Watts

- Ocupación habitual de personas: 3 personas.

En base a los datos ingresados el programa Carrier dimensionó el acondicionador de aire, según se ilustra en la figura 5.14:



Figura 5.14 Cargas térmicas obtenidas del CARRIER

Como resultado tenemos que el enfriador de aire debe de ser de 38400 BTU/h, debido que este valor es obtenido en base a medidas extremas, y como es preferible tener 2 aires condicionados como medida de contingencia, se dimensionó cada unidad en 18000 BTU/h o 5.3 KW.

Para dimensionar la extracción de gases nos basamos en la norma estándar ASHRAE 62-2001 [15]. Se realizó el cálculo

por medio de el estándar de cambios de aire para laboratorios, que asigna un valor de 5 – 10 cambios de aire por hora (ACH). Dimensionamos el extractor para la condición más exigente de 10 (ACH). Para obtener los pies cúbicos por minuto (CFM) necesarios realizamos el siguiente cálculo:

CFM = Volumen del Edificio (pies³) x Cambios de Aire por Minuto

$$CFM = \frac{FT^3 \times ACH}{60}$$

Volumen (lxwxh) pies³ = 26.24' x 19.03' x 9.84'

$$CFM = \frac{4913.58 \times 10}{60}$$

$$CFM = 818.93$$

Se recomienda añadir 100 cfm por cada 10000 BTU (unidad térmica británica). En nuestro caso tenemos 40000 BTU por lo que tendremos que aumentar 400 cfm.

El extractor de gases resultante para el laboratorio es de 1218.95 cfm.

5.4.4. Iluminación

Como norma general, la ubicación de la iluminación debe de evitar la generación de sombras, contraluces y reflexiones molestas en las superficies de trabajo. Se aconsejan sistemas

fluorescentes para conseguir una iluminación ambiental uniforme.

Según la Norma Técnica DIN 5053 [16], para un laboratorio es necesario utilizar 500 lux en el suelo, para ello utilizaremos lámparas de 650 mm de largo y 22 de ancho con 2 tubos fluorescentes de 40 Watts que genera 2600 lúmenes cada uno, se realizó el cálculo para obtener la cantidad de lámparas y su distribución el cual se muestra a continuación:

- Dimensiones del local (lxwxh) = 8x5.8x3 m.
- La altura del plano de trabajo (la altura del suelo a la superficie de los mesones de trabajo): 0.9 m.
- El nivel de iluminancia media (Em): Según la Norma Técnica DIN 5053 es de **500 lux**
- Tipo de lámpara: fluorescente de 40 Watts y 2600 lúmenes
- Tipo de sistema de alumbrado y sistema de iluminación:
Alumbrado general e iluminación directa
- Determinar la altura de suspensión óptima de las luminarias:

$$h = \frac{4}{5} (h' - 0.9)$$

h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias

h': altura del local

$$h = \frac{4}{5} (3 - 0.9)$$

$$h = 1.68 \text{ m}$$

- Calcular el índice del local (k) a partir de la geometría del laboratorio.

$$k = \frac{l \times a}{h (l + a)}$$

$$k = \frac{8 \times 5.8}{1.68 (8 + 5.8)}$$

$$k = 2$$

- Determinar los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo para el cual partimos de la tabla 18.

Tabla 18 Factor de reflexión [17]

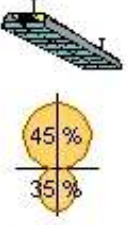
	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

Para este caso tomaremos **0.5** para el techo, **0.3** para las paredes y **0.1** para el suelo.

- Determinar el factor de utilización (F_u) a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran

tabulados y los suministra la tabla 19 provistas por el fabricante de luminarias Edison.

Tabla 19 factor de utilización [17]

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (??)												
		Factor de reflexión del techo												
		0.8			0.7			0.5			0.3			0
		Factor de reflexión de las paredes												
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0	
	0.6	.24	.19	.16	.23	.19	.16	.22	.18	.15	.17	.14	.13	
	0.8	.31	.26	.22	.30	.25	.21	.27	.24	.20	.22	.19	.17	
	1.0	.37	.30	.27	.34	.29	.26	.32	.27	.24	.25	.23	.19	
	1.25	.42	.36	.32	.40	.35	.32	.36	.32	.29	.29	.26	.22	
	1.5	.46	.40	.35	.44	.39	.34	.38	.34	.31	.31	.28	.23	
	2.0	.53	.46	.42	.50	.44	.40	.45	.41	.39	.36	.34	.26	
	2.5	.57	.51	.47	.52	.48	.45	.47	.43	.40	.37	.34	.28	
	3.0	.60	.55	.50	.56	.51	.48	.49	.45	.43	.39	.37	.29	
	4.0	.63	.59	.55	.59	.56	.53	.51	.49	.45	.41	.40	.30	
$D_{max} = 1.2 H_m$	5.0	.66	.63	.60	.62	.58	.57	.53	.51	.49	.43	.42	.32	
f_m	.65	.70	.75											

H_m : altura luminaria-plano de trabajo

A partir de la tabla 19 el valor del factor de utilización es **0.39**

- Determinar el factor de mantenimiento (f_m) de la instalación:

Para un sistema limpio este será de **0.8**

- Cálculo del flujo luminoso total necesario. Para ello aplicaremos la fórmula

$$\Phi_T = \frac{E_m \times S}{f_u \times f_m}$$

donde:

Φ_T es el flujo luminoso total

E_m es la iluminancia media deseada

S es la superficie del plano de trabajo

f_u es el factor de utilización

fm es el factor de mantenimiento

$$\Phi T = \frac{500 \times 46.4}{0.39 \times 0.8}$$

$$\Phi T = 74358.97 \text{ lm x m}^2$$

- Cálculo del número de luminarias.

$$N = \frac{\Phi T}{n \times \Phi L}$$

donde:

N es el número de luminarias

ΦT es el flujo luminoso total

ΦL es el flujo luminoso de una lámpara

n es el número de lámparas por luminaria

$$N = \frac{74358.97}{2 \times 2600}$$

$$N = 14.3$$

Se necesitaran de **15 lamparas**

- Distribución de las luminarias

Una vez que hemos calculado el número mínimo de lámparas procederemos a distribuirlas sobre el laboratorio.

Como el laboratorio tiene una forma rectangular la cantidad de lámparas de manera horizontal y vertical se la puede hallar de la siguiente manera:

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{N_{\text{total}} \left(\frac{\text{ancho}}{\text{largo}} \right)}$$

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{15 \times \left(\frac{5.8}{8} \right)}$$

$$N_{\text{ancho}} = 3.29$$

Ubicaremos 3 lámparas a lo ancho y 5 lámparas a lo largo para obtener las 15 necesarias.

La ubicación se encuentra detallado en el plano distribución de iluminaria (3/4) en el anexo B.

5.4.5. Diseño eléctrico

El suministro se manipula desde una caja de control la cual debe obligatoriamente ubicarse en la parte externa del laboratorio.

Según las necesidades de los equipos propuestos los puntos eléctricos se dividirán de la siguiente manera:

El mesón 1

- | | |
|--------------------------|-------|
| 1. Colorímetro | 220 V |
| 2. Viscosímetro (2 unid) | 220 V |

3. Medidor de espuma + PC	110 V /110V
4. Medidor de demulsibilidad	220 V
5. Copa abierta de Cleveland	220 V

El mesón 2

1. Espectrómetro de emisión atómica + PC	220 V/110V
2. Contador de partículas	110 V

El mesón 3

1. Karl Fisher	110 V
2. Espectrómetro FTIR	220 V /110V

Además, se incluye el punto eléctrico del extractor de gases ubicado a continuación del mesón 1, que funciona con una capacidad de 110V y una potencia de 200 Watts.

Tomando en cuenta los equipos del laboratorio, el extractor de gases, las computadoras de procesamiento y almacenamiento de datos, se distribuirán los puntos eléctricos de la siguiente manera: en el primer mesón 5 y 3 puntos de 220 V y 110 V respectivamente, en el mesón 2, en el 3 y en el mesón central se instalarán 3 de 110 V y 3 de 220V en cada uno.

La potencia requerida por cada equipo ya fue mencionada en el cálculo de la ventilación del laboratorio.

Como medida de seguridad basándonos en la norma de construcción NEC 10 parte 9-1 [18] el laboratorio debe contar con un breaker independiente para cada equipo.

En el análisis eléctrico del laboratorio se realizó el cálculo de planilla del circuito derivado el cual se muestra en la tabla 20 donde se presenta el voltaje, la potencia y como va a estar administrada la caja de breaker según la instalación. Además se determina la carga total instalada para el correcto funcionamiento de los equipos.

En el anexo B se ilustra el plano diseño eléctrico del laboratorio (4/4) y la Tabla 20 donde se muestra la Planilla de circuitos derivados donde la carga total instalada para el laboratorio será de 24956 Watts.

CAPITULO 6

6. INVERSIÓN REQUERIDA.

La inversión requerida del proyecto comprende la suma de todos los egresos monetarios necesarios para poner en marcha el laboratorio de análisis de lubricantes.

La inversión se divide en tres rubros de acuerdo al tipo de recursos a adquirirse:

Infraestructura

Comprende los gastos de la obra civil, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas y sistemas de ventilación.

Equipos de laboratorio

Comprenden la inversión para adquirir los equipos e instrumentos de laboratorio. Además se incluirá equipos e instrumentos de uso general como probetas, pipetas, termómetros y balanza.

Otros equipos y accesorios

Comprende la adquisición de muebles, lava manos, lavabo de ojos y equipos de cómputo.

6.1 Infraestructura

La inversión del proyecto en la obra civil, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas y sistema de ventilación, se detallan en la tabla 21 donde partimos de un lote de terreno vacío. Se usaron precios referenciales de constructoras locales:

Tabla 21 Inversión requerida para infraestructura de laboratorio

Descripción	\$/unidad	Precio
Obra civil, sanitaria y eléctrica	\$520/m ²	\$ 24128
20 puntos de 220V	\$ 42	\$ 840
12 puntos de 110V	\$ 38	\$ 456
15 lámparas fluorescentes	\$ 42	\$ 630
2 Acondicionador de aire	\$ 800	\$ 1600
	TOTAL	\$ 27654

Elaborado por Alejandro Mideros

Para la construcción de la infraestructura del laboratorio la inversión será de \$ 27654.

6.2 Equipos de laboratorio

Para definir la inversión de equipos e instrumentos de laboratorio en el proyecto, se usaron los precios suministrados por los fabricantes o distribuidores de los equipos seleccionados, que son: Koehler Instrument, Spectroinc, Labconco, J J & H e Eaton. En el anexo C se incluyen los precios de los equipos.

Según el comité de comercio exterior (COMEX) los niveles arancelarios de importaciones de equipos de análisis de muestras sólidas o líquidas son del 0% del precio de origen.

Los costos de equipos e instrumentos instalados en el laboratorio se detallan en la tabla 22:

Tabla 22 Inversión requerida para equipos e instrumentos

Equipo	Unidad	Costo
Colorímetro	1	\$ 5090,83
Viscosímetro	2	\$ 6252,6
Medidor de espuma	1	\$ 11844,99
Medidor de demulsibilidad	1	\$ 15801,30
Copa abierta de Cleveland	1	\$ 1319,20
Espectrómetro de emisión atómica	1	\$ 94140
Contador de partículas	1	\$ 7622,15
Karl Fisher	1	\$ 5652,50
Espectrómetro FTIR	1	\$ 43011
Extractor de gases	1	\$ 5206,37
Equipos diversos de laboratorio (cristalería, termómetro y balanza)	--	\$ 2000
Envases para muestras	--	\$ 200
Costo de transporte aéreo (\$4xkg)	183.6 kg	\$ 734,4
	TOTAL	\$ 198.875,34

Elaborado por Alejandro Mideros

La inversión total requerida para equipos e instrumentos es de \$198.875,34

6.3 Otros equipos y accesorios

En la inversión de otros equipos y accesorios del laboratorio se incluye la adquisición del mobiliario, lava mano, lavabo de ojos, extintor y equipos de cómputo, como se indica en la tabla 23

Tabla 23 Inversión requerida para Otros equipos y accesorios

Descripción	\$/unidad	Precio
19 ml Mesones Modulares	\$320/ml	\$ 6800
1 Escritorio en L	\$ 400	\$ 400
1 Vitrina metálica	\$ 1200	\$ 1200
1 Lava manos	\$ 90	\$ 90
1 lava ojos	\$ 360	\$ 350
1 extintor	\$ 70	\$ 70
4 Computadora	\$ 700	\$ 2800
	TOTAL	\$ 11710

Elaborado por Alejandro Mideros

En la adquisición e instalación de otros equipos y accesorios para el laboratorio de análisis de aceite la inversión será de \$ 11710.

La inversión total requerida para la implementación del laboratorio de análisis se resume en la tabla 24:

Tabla 24 Inversión total

Descripción	Total
Infraestructura	\$ 27.654
Equipos de laboratorio	\$ 198.875,32
Otros equipos y accesorios	\$ 11.710
TOTAL	\$238.239,32

Elaborado por Alejandro Mideros

CAPITULO 7

7. CONSIDERACIONES AMBIENTALES.

El presente proyecto debe considerar el grado potencial de afectación al medio ambiente que la operación de este laboratorio de análisis de aceite implica. Esto significa que debemos tomar en cuenta de manera minuciosa los posibles riesgos ambientales y los riesgos para la salud y seguridad de los operadores del laboratorio, y señalar su manejo adecuado.

7.1 Riesgos ambientales y su manejo

Se evaluarán, según su tipo, los riesgos potenciales y se señalarán los procedimientos para su correcto manejo.

7.1.1 Emisiones

El control de las emisiones de gases es un punto fundamental a tratar en un estudio de riesgos ambientales. Se ha tomado en consideración que el laboratorio incluye equipos que necesitan evaporar una cierta cantidad de aceite para efectos de la toma de datos, aunque en volúmenes muy pequeños, menores a 0,1 ml por muestra.

Los compuestos que afectan el medio ambiente presentes en el aceite son el cloro, fósforo y azufre. Estas emisiones se controlarán mediante el uso de un filtro en el extractor de gases, el cual va a retener los contaminantes para evitar su salida al medio ambiente.

Otro contaminante que se debe controlar es el plomo que emitido al ambiente en micro partículas puede afectar la salud de los seres humanos, siendo este el más volátil de los compuestos metálicos presentes en los aceites usados. El mismo filtro indicado antes controlará este elemento.

En este laboratorio el proceso de combustión y evaporación, en los casos en que se requiere, utiliza fuentes eléctricas de calor, evitando la quema de gases combustibles y reduciendo las emisiones de gases de invernadero. La cantidad de aceite que

se evaporará en los ensayos de copa abierta de Cleveland y espectrometría de emisión atómica (los dos equipos que emiten la mayor cantidad de gases) es de 0,1 ml por ensayo. Considerando la demanda máxima esperada de 500 análisis de punto de inflamación y 3000 de contenido de metales por mes, representa un volumen de aceite a evaporarse de 15.9 ml al día. Este volumen diario (jornada de 8 horas), equivale a 17,7 gramos (densidad media del aceite de 0,9 gr/ml), que ajustados a los 1200 CFM ($32\text{m}^3/\text{minuto}$) del sistema de extracción de gases, representa una concentración de $1,15\text{ mg}/\text{m}^3$ de gases de efecto invernadero en el aire extraído. Esta concentración está muy por debajo de los límites impuestos por la dirección de medio ambiente en el reglamento municipal [19] vigente que se presentan en la tabla 25.

Tabla 25 Límite de emisiones de gases

Contaminante emitido	Límites de emisiones (mg / m^3)
Monóxido de carbono	$80\text{ mg} / \text{m}^3$
Dióxido de azufre	$100\text{ mg} / \text{m}^3$

Fuente: Dirección del medio ambiente del Ecuador

Sin embargo se debe mantener un monitoreo permanente de las emisiones gaseosas del laboratorio, para asegurar que su sistema de ventilación diseñado de acuerdo a las normas para

laboratorios, mantenga siempre las emisiones dentro de los límites máximos permitidos.

7.1.2 Muestras de aceite

Para evitar riesgos ambientales por el manejo de las muestras de aceite durante los ensayos, se procederá de la siguiente manera:

- Las muestras en el laboratorio deberán permanecer tapadas, y en envases resistentes a golpes y caídas.
- Deberán ser clasificadas y debidamente identificadas en la etiqueta de cada envase.
- Se deberán almacenar las muestras de tal forma que no existan choques ni riesgos de derrame.
- En el laboratorio se mantendrá un inventario de material absorbente apropiado para el control de derrames accidentales de aceites de muestras.

7.1.3 Reactivos químicos

Debido a que en el laboratorio se trabajarán con algunos reactivos químicos necesarios para la preparación de las muestras y para su análisis, es necesario considerar cuál es su posible efecto nocivo. Los químicos que se utilizarán en el laboratorio son los siguientes:

- Metanol anhidro
- Imidazol
- Etanol

Metanol anhidro

Es un producto inflamable. Sus vapores pueden explotar si se prenden en un área cerrada y pueden viajar a una fuente de ignición, prenderse y regresar al área desde donde se emitieron, en forma de fuego. Para manejar este producto, el personal de laboratorio deberá utilizar bata, lentes de seguridad y guantes. Evitar todo contacto directo con la piel. No deben utilizarse lentes de contacto al trabajar con este producto. Metanol anhidro se almacenará en recipientes de vidrio, bien cerrados, debidamente identificados y colocados de forma ordenada en la vitrina de reactivos, lejos de otros productos con los que puede reaccionar, como el imidazol. Debido a que el metanol anhidro se utilizará como reactivo en el titulador Karl Fischer, se desechará junto con la muestra de aceite analizada en el tanque dispuesto para tal efecto.

Imidazol

Nocivo por ingestión, es corrosivo y produce quemaduras en caso de tener contacto con la piel. Su dosis letal media (LD50)

es de 300mg/Kg. Es un producto inflamable y es necesario mantenerlo alejado de fuentes de ignición. Es un contaminante moderado del suelo y altamente contaminante del agua, no se debe verter en el desagüe y se deben evitar derrames que puedan contaminar el suelo o fuentes de agua. Para manejar este producto, el personal de laboratorio deberá utilizar bata, lentes de seguridad y guantes. Evitar todo contacto directo con la piel. No deben utilizarse lentes de contacto al trabajar con este producto. El imidazol se almacenará en recipientes de vidrio, bien cerrados, debidamente identificados y colocados de forma ordenada en la vitrina de reactivos, lejos de otros productos inflamables como el etanol. Debido a que el imidazol se utilizará como reactivo en el titulador Karl Fischer, se desechará junto con la muestra de aceite analizada en el tanque dispuesto para tal efecto.

Etanol

Es altamente inflamable, se debe almacenar y manejar lejos de cualquier punto de ignición. No representa mayor riesgo para el ambiente. La exposición al mismo puede resultar molesta en algunas ocasiones pero a las condiciones en las que se trabajará no representa ningún riesgo severo para la salud. Para manejar este producto, el personal de laboratorio deberá

utilizar bata, lentes de seguridad. Evitar todo contacto con los ojos. No deben utilizarse lentes de contacto al trabajar con este producto. Se almacenará en recipientes de vidrio, debidamente identificados colocados de forma ordenada en la vitrina de reactivos. Por precaución no se almacenará cerca del imidazol para evitar incendios.

7.1.4 Manejo de desechos

El manejo de desechos funcionará de la siguiente manera:

- Todas las muestras no analizadas y excesos de aceite se depositarán en un tanque metálico sellado destinado a almacenar el aceite usado previo a su eliminación. Este tanque está ubicado debajo del mesón central.
- Los envases utilizados para contener aceite o soluciones del mismo durante los análisis, serán lavados por separado. Los solventes utilizados en la limpieza de los mismos serán depositados en el tanque destinado a almacenar aceite usado desechado.
- Por ningún motivo deberán desecharse las muestras, líquidos o solventes que contengan residuos de aceite en el lavadero o en el drenaje. Siempre deben ser depositados en el tanque destinado para tal efecto.

- Una vez lleno el tanque destinado a almacenar el aceite usado, se lo entregará a los recolectores aprobados por las autoridades ambientales para tal función.

7.2 Contingencias ambientales y de seguridad

Una vez identificado los posibles riesgos ambientales que pueden ser provocados por el laboratorio de análisis de aceite se han establecido las siguientes medidas de contingencia en caso de derrames, fuego o explosiones. Estas medidas permitirán actuar de forma inmediata y ocasionando el menor daño posible al medio ambiente y las personas.

7.2.1 Derrames

En caso de derrames accidentales ya sea de aceite o reactivos se recogerá en un medio absorbente para impedir la contaminación del suelo y fuentes de agua. Al realizar la limpieza el personal deberá utilizar guantes y máscara para su protección. El medio absorbente será enviado junto con el aceite usado. Nunca verter en el drenaje, ni depositar el medio absorbente utilizado en la basura.

7.2.2 Fuego y explosiones

En caso de producirse un incendio en el laboratorio o que el fuego alcance los reactivos almacenados en la vitrina, se

deberán tomar las siguientes medidas: Utilizar equipo de protección personal, en especial máscaras para protegerse del humo. Rociar los recipientes que contienen los químicos con abundante agua atomizada en forma de niebla para enfriarlos y evitar que se propague el incendio. Utilizar extinguidores de polvo seco o de dióxido de carbono para apagar incendios generados por sustancias químicas.

Conclusiones

1. La implementación en el país de laboratorios de este tipo es requisito tecnológico indispensable para proyectos nacionales como el cambio de la matriz productiva y el incremento del valor agregado en la producción. La productividad requerida para competir en los mercados internacionales, pasa por incorporar prácticas de gestión como las que incluyen los programas de mantenimiento predictivo.
2. Se ha demostrado que este laboratorio es totalmente viable en términos de mercado. El país tiene un déficit evidente de laboratorios independientes de aceites usados. Actualmente sólo hay uno en funcionamiento (Sertinlab, en Quito) y su acreditación está enfocada en aceites dieléctricos. Una apreciable cantidad de muestras de aceite (400 mensuales) se están enviando a laboratorios del exterior. Aparte de la salida evitable de recursos, esta situación implica una respuesta demorada en los resultados, que difiere la toma de las acciones emergentes que pudieran requerirse.
3. Anteriormente el servicio de análisis de aceites usados era provisto exclusivamente por los propios fabricantes y vendedores de aceites

lubricantes, que quedaban de esta manera convertidos en jueces y parte respecto al desempeño de sus productos. A partir de la recomendación de la ISO sobre la separación de laboratorios y proveedores para obtener la acreditación ISO 17025, la industria de los laboratorios independientes de análisis de aceites usados ha tenido un gran crecimiento en todo el mundo. Como ejemplo, en Colombia hay ahora seis laboratorios en funcionamiento, y en Chile cuatro.

4. En la investigación realizada, se pudo detectar que plantas industriales grandes, como las termoeléctricas, hidroeléctricas, refinerías y cementeras, ante la falta de oferta de un laboratorio de análisis de aceite independiente y acreditado, han empezado a invertir en sus propios laboratorios internos, que en su mayoría quedan restringidos a un rango estrecho de pruebas. Otras empresas, como las de pesca industrial y azucareras, tienen programas de mantenimiento que requieren mejorar su nivel. Empresas de menor tamaño y casi todas las compañías de transporte terrestre, en general no incorporan prácticas modernas de mantenimiento. Estos hechos evidencian la falta en el medio de un laboratorio de aceites usados, como el diseñado en la presente tesis, para apoyar la difusión de programas de mantenimiento predictivo.

5. Se ha incorporado al laboratorio equipos de última tecnología, como el espectrómetro de emisión atómica, el espectrómetro FTIR y el contador de partículas. Además se cuenta con equipos para medición de viscosidad cinemática, contenido de agua, pruebas de espuma, de punto de inflamación, colorímetro y demulsibilidad. Los equipos seleccionados cumplen el rango de pruebas requeridas para el mantenimiento predictivo, además de las que se necesitan para detectar causas de fallas y analizar el rendimiento de aceites lubricantes. Se han diseñado las instalaciones para permitir el funcionamiento correcto y eficiente de los equipos, incluyendo iluminación, ventilación e instalaciones eléctricas.
6. El dimensionamiento del laboratorio permite cubrir la demanda actual y la proyectada en los próximos años, alcanzando un régimen de producción en una sola jornada de hasta 3000 muestras mensuales. La inversión total a realizarse es de \$ 238.239,34 dólares.
7. Esta tesis incorpora también dispositivos, procedimientos y recomendaciones para que el laboratorio pueda funcionar sin representar riesgo para el medio ambiente ni para la salud e integridad de quienes laboren en él.

8. La selección de la ESPOL como lugar de asiento del laboratorio va de la mano con la tarea didáctica y tecnológica que conlleva incorporar programas de mantenimiento predictivo en las empresas del país. Adicionalmente, con la implementación del laboratorio, mejoraran los recursos de la ESPOL para sus tareas académicas, específicamente la enseñanza a sus alumnos sobre el mantenimiento mecánico, y el apoyo a los trabajos de investigación en áreas relacionadas.

Recomendaciones

1. Se recomienda la certificación y acreditación del laboratorio con la norma ISO 17025 y con el Organismo de Acreditación Ecuatoriano. Para el efecto quedan en este trabajo descritos los requerimientos técnicos y administrativos que deberán cumplirse para poder aprobar una auditoria conducente a ese objetivo.
2. Se recomienda que el laboratorio diseñe, con el aval y respaldo técnico de la ESPOL, programas de difusión y divulgación técnica, así como servicios de auditoría y acompañamiento a las empresas en sus procesos de implementación de mejores niveles de mantenimiento. Se recomienda la creación de un ente institucional, que se encargue de la divulgación, asesoría e implementación de programas de mantenimiento predictivo en la industria ecuatoriana.
3. Se recomienda controlar el estado de los equipos y la calibración de los instrumentos de análisis, de acuerdo a las normas respectivas y a las indicaciones de los fabricantes.
4. Se recomienda realizar un estudio de factibilidad económica del proyecto. Los datos suministrados sobre costos de equipos e instalaciones, más los costos operativos, deberán contrapesarse con el precio que el mercado asigna a este servicio. En términos

generales puede afirmarse que el proyecto será muy rentable, sin embargo se requiere una confirmación proveniente de un estudio técnico específico. Al beneficio económico, habrá que agregar los beneficios intangibles que una institución como la ESPOLO obtendría por realizar una gestión tecnológica de muy positivo impacto en el sector productivo nacional.



Apéndice B: Planos y planilla de circuito derivado


Tabla 20 Calculo de planilla de circuitos derivados

PLANILLA DE CIRCUITOS DERIVADOS														
Obra:		Laboratorio de análisis de aceite												
Fecha:		13-ene												
Ubicación:		Planta baja												
PANEL		CIRCUITO							DISYUNTOR		SERVICIO			
NOMBRE	# POLOS	No.	COND	FASE	VOLT.	#	POTENCIA	TOTAL	AMP.	POLOS				
PD-A	27 POLOS MONOFÁSICO	A-	1	14	A	120	5	80	400	20	1	ALUMBRADO COLUMNA A		
		A-	2	14	B	120	5	80	400	20	1	ALUMBRADO COLUMNA B		
		A-	3	14	A	120	5	80	400	20	1	ALUMBRADO COLUMNA C		
	CARGA INSTALADA	TC1	4	12	B	120	4	250	1000	20	1	TOMACORRIENTES COMPUTADORAS		
		TE1	5	12	AB	220	1	20	20	20	2	COLORIMETRO		
		TE2	6	12	AB	220	2	1166	2332	20	2	VISCOSÍMETRO		
		TC2	7	12	A	120	1	1760	1760	20	1	MEDIDOR DE ESPUMA		
		TE3	8	12	AB	220	1	1320	1320	20	2	MEDIDOR DE DEMULSIBILIDAD		
		TE4	9	12	AB	220	1	770	770	20	2	COPA ABIERTA DE CLEVELAND		
		VATIOS	24956	TE5	10	12	AB	220	1	1000	1000	20	2	ESPECTRÓMETRO DE EMISIÓN ATÓMICA
				TC3	11	12	A	120	1	88	88	20	1	KARL FISHER
				TE6	12	12	AB	220	1	286	286	20	2	ESPECTRÓMETRO FTIR
	TC4			13	12	A	120	1	132	132	20	1	CONTADOR DE PARTÍCULAS	
	TC5			14	12	A	120	1	200	200	20	1	EXTRACTOR DE GASES	
	TE7			15	12	AB	220	1	5300	5300	20	2	AIRE ACOND 1	
	TE8	16	12	AB	220	1	5300	5300	20	2	AIRE ACOND 2			
	TC6	17	12	A	110	3	1000	3000	20	1	Toma corriente adicionales 110 v			
	TE9	18	12	AB	220	3	1000	3000	20	2	Tomacorrientes adicionales 220 V			
CARGA INSTALADA 110 V =											7380			
CARGA INSTALADA 220 V =											19328			
LOS PRIMEROS 3 KW (110 V) AL 100%=											3000			
EL REMANENTE DE LA CARGA (110V) RESTANTE AL 60%=											2628			
CARGA INSTALADA PD-A =											24956			

Apéndice C: Cotizaciones de equipos






Account Number: N/A
 Shipment Setting: Not Available

	Catalog No.: 09-053-408 LOVIBOND AF650 OILS COMPARATOR	Each for \$5,090.83	<input type="text" value="1"/> Qty	Ships from Manufacturer
Add to Another Hotlist	Remove Item	Item Subtotal: \$5,090.83		
	Catalog No.: 16-080-4 BASIC 70 HOOD N/MTR BLWR 115V	Each for \$5,206.37	<input type="text" value="1"/> Qty	Ships from Manufacturer
Add to Another Hotlist	Remove Item	Item Subtotal: \$5,206.37		
Save these items as a Template		Did you make changes to the items in your cart?		Update
Group Total: \$10,297.20				
Shopping Cart Total: \$10,297.20				

		Industrial Global Sales			Quote Number	
		300 International Pkwy Sunrise, FL 33325 954-453-8125 phone 954-851-9835 fax			1603029	
		Federal Tax ID: 59-0819656				
Quoted To: LUBETEK LLC 9601 FONTAINBLEAU BLVD A611			Ship To: LUBETEK LLC 9601 FONTAINBLEAU BLVD A611			
MIAMI	FL	33172	MIAMI	FL	33172	
Quoted To:	Quote Date	Account Number	Salesman	Written By	Terms:	
LUIS	01/14/13	3068305	Export - Local Orange	Luisa Londono	prepaid	
Line #	Order Qty	Part Number	Description	Unit Price	U/M	Extended Price
INLAND AND OUTBOUND FREIGHT WILL APPLY						
1	6	327282 <i>Made in: 1-2</i> WK LT	INTERNORMEN CCM01 set	\$3,659.4900	EA	\$21,956.94
2	1	340617 <i>Made in: 12-13</i> WK LT	INTERNORMEN Laboratory Pa	\$7,622.1500	EA	\$7,622.15
3	2	311077 <i>Made in: 10-11</i>	INTERNORMEN WAS01	\$3,141.2700	EA	\$6,282.54

Clarkson Laboratory

Lab Supplies & Chemicals

<input type="checkbox"/> Item	Price	Quantity	Total	
<input type="checkbox"/>  <u>FLASH POINT TESTER CLEVELAND OPEN CUP COC ASTM D92 230V</u> Clarkson Catalog Number: P2109-2	\$1,319.20	<input type="text" value="1"/>	\$1,319.20	<input type="button" value="Update"/> <input type="button" value="Remove"/>
<input type="checkbox"/>  <u>Karl Fischer Volumetric Titrator for Moisture Determination 115V</u> Clarkson Catalog Number: K303-01	\$5,652.00	<input type="text" value="1"/>	\$5,652.00	<input type="button" value="Update"/> <input type="button" value="Remove"/>
<input type="checkbox"/>  <u>Digital Constant Temperature Kinematic Viscosity Bath 12" 230V</u> Clarkson Catalog Number: K23377	\$3,126.30	<input type="text" value="2"/>	\$6,252.60	<input type="button" value="Update"/> <input type="button" value="Remove"/>
<input type="checkbox"/>  <u>Water Separability Tester 230V 60HZ</u> Clarkson Catalog Number: K39496	\$15,001.30	<input type="text" value="1"/>	\$15,001.30	<input type="button" value="Update"/> <input type="button" value="Remove"/>
<input type="checkbox"/>  <u>Foaming Characteristics Apparatus Dual-Twin 230V</u> Clarkson Catalog Number: K43092	\$11,844.00	<input type="text" value="1"/>	\$11,844.00	<input type="button" value="Update"/> <input type="button" value="Remove"/>

With selected items...

Estimate Shipping & Tax

Zip/Postal Code:

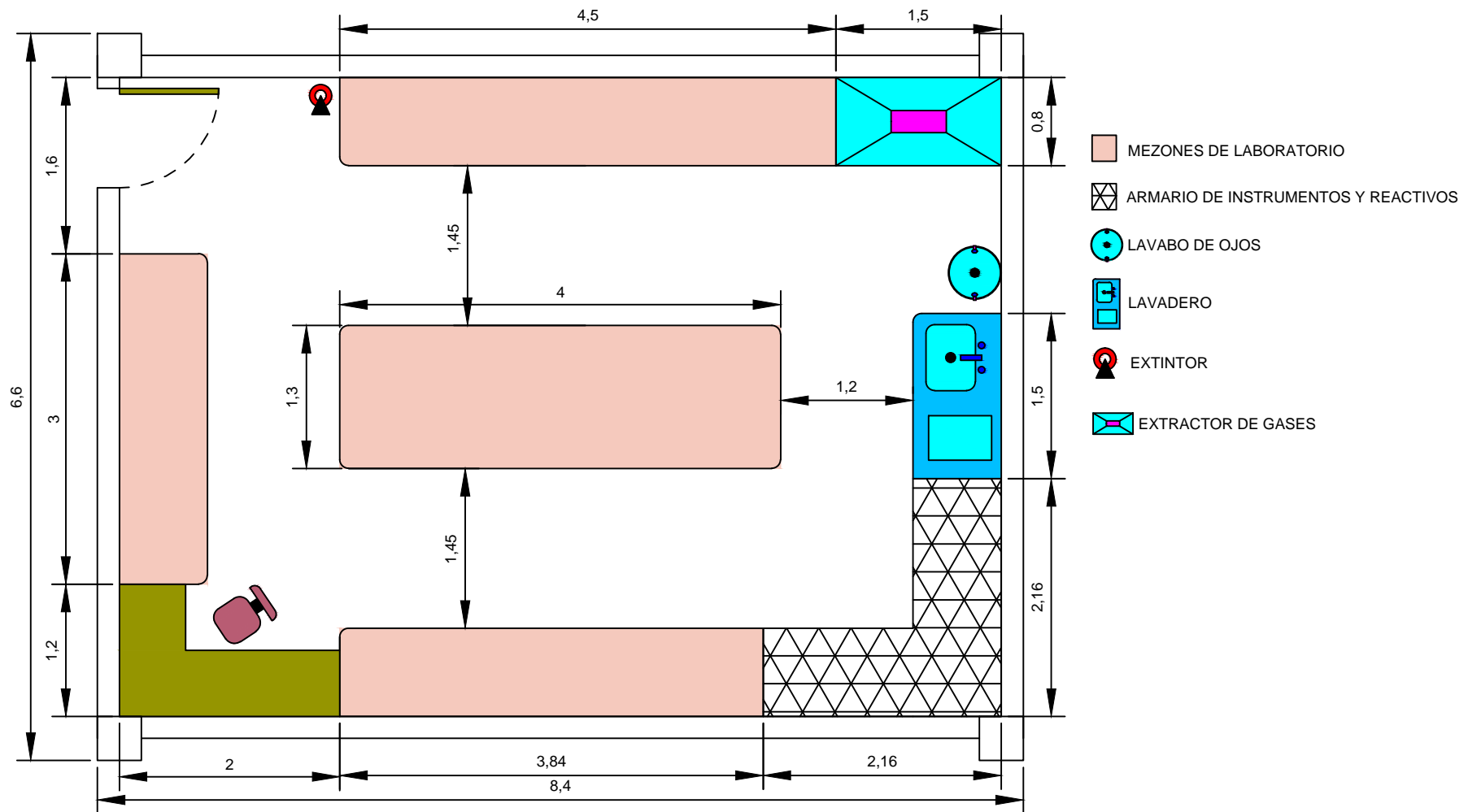
Taxes

The following locations are subject to sales tax: California

Subtotal: \$40,870.50

Shipping: _____

Total: \$40,870.50



000: U00S0U0U0U00007S0U000000

ÚSOPUÁ»
1/4

FIMCP - ESPOL

FECHA 03-01-2013

ESCALA:

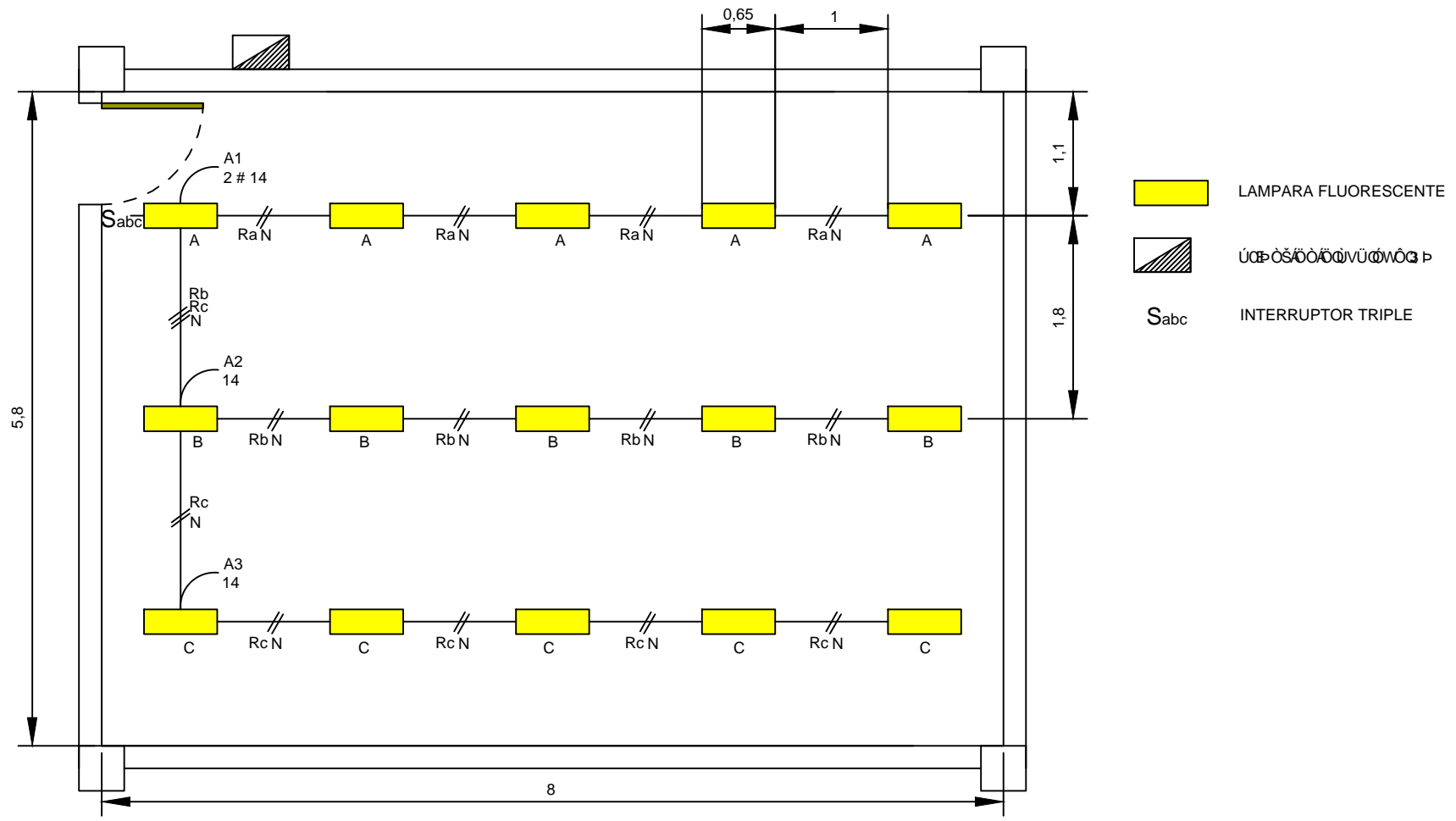
REVISADO POR:



ING. ERNESTO MARTINEZ

DIBUJADO POR:

ALEJANDRO MIDEROS





-  LAMPARA FLUORESCENTE
-  ÚCEP ÓŠVÓÓÓVÚÓVÓÓ P
- S_{abc}** INTERRUPTOR TRIPLE

ÚŠÓBU P 3/4

FIMCP - ESPOL FECHA 03-01-2013 ESCALA: 1 : 50

REVISADO POR:

ING. ERNESTO MARTINEZ

DIBUJADO POR:

ALEJANDRO MIDEROS





Ing. José M. Jalil
Cumpliendo con Calidad y Servicio

www.jhjalil.com

Fecha: 20/01/2013

Cotización No.: 042-JJH-2013-Rev1

Cliente: LUBTECHNOLOGY

Moneda: US Dollar

Atención: Ing. Luis Mideros

Validez Oferta: 60 días

Fax:

Tiempo de Entrega: 60 días

Item	Cant.	No. Catálogo	Descripción	P. Unit	P. Total
1	1	FT2020 Proveedor: SPECTRO INC.	<p>Espectrómetro FTIR Alpha Q410, analizador manual de aceites, equipo de sobremesa, equipo y software diseñados y fabricados exclusivamente para el análisis de aceites en uso. Cumple con la Norma ASTM E2412, práctica estándar para el monitoreo de lubricantes en uso mediante el análisis de las tendencias utilizando espectroscopía de Infra Rojo mediante transformada de Fourier. El equipo puede proporcionar información cuantitativa de TAN/TBN en mgKOH/g, bajo ciertas condiciones. Celda patentada Flip Top que elimina la necesidad del uso de solventes para la limpieza de la misma y disminuye el tamaño de la muestra a una simple gota</p> <p>Rango espectral para el sistema manual:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estándar: Celda ZnSe Flip-top, ventanas, divisor de haz (Rango: 6,000-500 cm⁻¹) • Opcional: Celda ZnSe Flip-top, ventanas de KBr, divisor de haz (Rango: 7,000-500 cm⁻¹) <p>Sistema automático (opcional):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estándar: Celda de transmisión en forma de prisma de ZnSe, ventanas, divisor de haz (Rango: 6,000-500 cm⁻¹) • Opcional: Celda de transmisión en forma de prisma de KBr, ventanas, divisor de haz (Rango: 7,500-375 cm⁻¹) <p>Exactitud de frecuencia: Mejor que 2 cm⁻¹, opcional mejor que 0.9 cm⁻¹</p> <p>Dimensiones (WxDxH) 22 x 30 x 12.5 cm (8.7 x 11.8 x 4.9 inches)</p> <p>Peso 7 Kg (15.5 lbs)</p> <p>Alimentación eléctrica 100 - 240 VAC, 50 - 60 Hz (max 1.3 A)</p> <p>Condiciones ambientales de trabajo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rango de temperatura de operación: 18°C - 35°C (64 -95°F) • Variación de temperatura: 1 °C/h y max 2 °C/día • Humedad (no-condensante): menor que 80 % (Humedad relativa) • Sitio de instalación: en cuarto cerrado • Sobre voltaje aceptable categoría: II • Altitud de trabajo: 2,000 metros (6,562 pies) <p>Solvente de limpieza de la celda: Ninguno con ZnSe Flip Top Cell, Pentano con celda de transmisión en forma de prisma</p> <p>Items incluidos en la provisión:</p> <p>CA-25 Single-Port Dual Profile Ethernet PCIe Adaptor 1</p> <p>CM-08 Monitor de computadora</p> <p>CT-12 Computadora PC- Windows 7 (Opcional Laptop) 1</p> <p>F3087 Cable de alimentación eléctrica 6' 7" 18AWG SJT 10A</p>	42.497,00	42.497,00

Fecha: 20/01/2013
 Cliente: LUBTECHNOLOGY
 Atención: Ing. Luis Mideros
 Fax:

Cotización No.: 042-JJH-2013-Rev1
 Moneda: US Dollar
 Validez Oferta: 60 días
 Tiempo de Entrega: 60 días

Item	Cant.	No. Catálogo	Descripción	P. Unit	P. Total
			(USA) (El número de parte cambia para otros sistemas eléctricos) 1 FL306 Paños de liumpieza no abrasivos y desechables 1 FL310 IR Fluido de chequeo 5ml 1 FT-IR Software de análisis de aceites 1 FT2027 Conjunto de Celda de ZnSe Flip-Top 1 FT2055 Manual de operación y mantenimiento Spectro-FTIR Alpha 1		
2	1	FL310	Fluido de chequeo para Infrarrojo, 5 mL Proveedor: SPECTRO INC.	150,00	150,00
3	5	FL306	Paños de limpieza no abrasivos Proveedor: SPECTRO INC.	9,00	45,00
4	1	FT2318	Desecante, 0,25 L, lata, para FT-IR Proveedor: SPECTRO INC.	319,00	319,00

Moneda:	US Dollar	Subtotal:	43.011,00
		Descuento: 0 %	0,00
Son:	CUARENTA Y TRES MIL ONCE 00/100 SIN IVA	Total Sin IVA:	43.011,00
		Tarifa IVA: 12 %	43.011,00
Forma de Pago:	El Pago será acordado y confirmado por escrito.	Tarifa IVA: 0 %	0,00
		IVA:	5.161,32
		Total Con IVA:	48.172,32

Ítems Incluidos: vienen con el equipo sin costo adicional.

Ítems Opcionales: no están incluidos en el precio total y en caso de querer incluirlos se debe añadir el precio total para ese ítem y el IVA de ese ítem.

Código RUP sugerido:

PARA CUALQUIER COMUNICACIÓN Y EN CASO DE ADJUDICACIÓN CON RESPECTO A ESTA OFERTA, POR FAVOR REFERIRSE AL NÚMERO DE COTIZACIÓN 042-JJH-2013-Rev1.

Atentamente,
 JOSÉ M. JALIL HAAS



Fecha: 20/01/2013

Cotización No.: 042-JJH-2013-Rev1

Cliente: LUBTECHNOLOGY

Moneda: US Dollar

Atención: Ing. Luis Mideros

Validez Oferta: 60 días

Fax:

Tiempo de Entrega: 60 días

Item	Cant.	No. Catálogo	Descripción	P. Unit	P. Total
------	-------	--------------	-------------	---------	----------

Oficinas Jose Jalil

ALCANCE DE LOS SERVICIOS INCLUIDOS EN NUESTRA OFERTA

AL ACEPTAR ESTA COTIZACION SE CONFIRMA EL HABER LEIDO Y ACEPTADO LAS CARACTERÍSTICAS AQUI DESCRITAS

- 1.- Toda la mercadería adquirida a JOSÉ JALIL, goza de una garantía técnica que, por lo general, se encuentra manifestada en la oferta o en un documento al realizar la entrega de la mercadería. Esta garantía puede ser: uno o dos años de mano de obra, dependiendo de la mercadería entregada. El primer año de garantía cubre la provisión de repuestos, partes o piezas (no consumibles) que muestren fallas de operación debido a malos materiales de construcción y/o a fallas de diseño, técnica y debidamente comprobadas. Los equipos de computación y la vidriería tienen una garantía de seis meses, salvo un acuerdo específico.
- 2.- Toda mercadería provista por las oficinas de JOSÉ JALIL se entregará instalada, puesta en marcha y se dará la capacitación que consiste en una demostración de las características y la operación del equipo, de acuerdo a lo recomendado por el fabricante.
La instalación del equipo se refiere a la actividad de colocar el equipo en el sitio asignado para el mismo, la conexión a los servicios que requiere el equipo (electricidad apropiada, agua, gas, aire, etc., según lo requiera el equipo) y que deben estar disponibles en el sitio en la cantidad y las características apropiadas para el equipo. La puesta en marcha es la actividad de poner en funcionamiento el equipo y comprobar las funciones del mismo de acuerdo a lo recomendado por el fabricante. Los datos que ofrezca el equipo se compararán e interpretarán únicamente de acuerdo a lo especificado por el fabricante del equipo en cuanto a capacidades, valores, límites, incertidumbres, tiempos de respuesta, exactitudes, etc. Para esto se recurrirá a los catálogos y manuales. Cualquier análisis fuera de lo recomendado por el fabricante o que no conste en los catálogos o manuales, no podrá ser utilizado para comparación o interpretación de datos, salvo consulta al fabricante y aceptación del mismo. Los procedimientos de medición o de aceptación de equipos serán acordes a lo establecido por el fabricante. Las características técnicas serán las sostenidas por el fabricante y en caso de duda será el fabricante quien defina el cumplimiento del equipo o no.
La capacitación dictada por el personal de las oficinas de JOSÉ JALIL no contempla el dictado de cursos teóricos sobre los principios de funcionamiento ni sobre las técnicas utilizadas para el análisis o manejo de datos. El personal del cliente deberá tener los conocimientos necesarios y suficientes de la teoría básica y de la técnica analítica correspondiente, del principio de funcionamiento de los equipos, así como el conocimiento de la interpretación necesaria de los datos obtenidos, siendo este un requisito para recibir la capacitación descrita. Si la oferta contemplare cursos específicos de la teoría básica y de la técnica analítica correspondiente, del principio de funcionamiento de los equipos, así como el conocimiento de la interpretación necesaria de los datos obtenidos, entonces la responsabilidad es de nuestras oficinas. Esta necesidad debe estar claramente expresada en la solicitud de oferta y en nuestra oferta.
- 3.- La garantía técnica ofertada por JOSÉ JALIL, cubre daños debidos a malos materiales de fabricación y/o a fallas de diseño, debida y técnicamente comprobados. Esta garantía cubre mano de obra y repuestos para los defectos o fallas debidos a malos materiales de fabricación y/o a fallas de diseño, debida y técnicamente comprobados, dentro del período de garantía estipulado en la garantía técnica. La garantía no cubre consumibles de ningún tipo. La garantía tampoco cubre daños debidos a fuerzas de la naturaleza, actos de Dios, a intervención de personal no autorizado, a acciones mal intencionadas ni tampoco daños originados por mala calidad de los servicios y/o insumos, o, debidos a la no idoneidad del sitio de instalación.
- 4.- Los bienes se entregarán con los accesorios estándares de los equipos oferta-dos, detallados en el catálogo como tales, y adicionalmente con los accesorios que, no siendo estándares, hayan sido cotizados y adquiridos, ya sea en conjunto con el equipo, o, por separado, a pedido del cliente.
- 5.- La configuración del equipo, apropiada para la aplicación específica del cliente, deberá ser confirmada y aceptada por el cliente, y, las oficinas de JOSÉ JALIL entregará el equipo de acuerdo a la configuración ofertada y/u ordenada por el cliente y con todos los componentes ofertados y/u ordenados por el cliente.
- 6.- Si el cliente ha dado como referencia un determinado modelo, la oferta se basa en dicho modelo y toma las características del mismo como las características fundamentales del equipo a ofertar, asumiendo que cualquier otra característica mencionada en el detalle de la solicitud se subordina a la característica fundamental del modelo referencial mencionado, es decir que se la considera como aplicable y secundaria a la característica principal del modelo mencionado como referencial.
- 7.- Las oficinas de JOSÉ JALIL asumen que la solicitud del cliente está elaborada tomando en consideración todas sus necesidades y se derivan del conocimiento de que lo solicitado es lo único requerido para su aplicación específica.
- 8.- Las oficinas de JOSÉ JALIL asumen que todos aquellos accesorios requeridos para la operación general del equipo solicitado que no son estándares y que no se hayan solicitado de manera explícita, o no son necesarios para la aplicación del cliente o que el cliente ya los posee. El equipo se entregará con los accesorios estándares que se describen en la oferta y que son parte del mismo de acuerdo con el catálogo.
- 9.- En caso de que el cliente mencione que el equipo se requiere para alguna aplicación específica y no solicite los accesorios necesarios para la misma, las oficinas de JOSÉ JALIL asumen que el cliente posee todos los accesorios y opcionales para dicha aplicación. El cliente deberá solicitar todos aquellos accesorios que no son los de tipo estándar del mismo o deberá especificar que el oferente debe incluir los accesorios para una determinada aplicación.
Las Oficinas de JOSÉ JALIL están en capacidad de coordinar con el usuario y colaborar para establecer el listado apropiado para la aplicación específica y ofertarán los accesorios necesarios para dicha aplicación, una vez definidos con el cliente, que no sean de la provisión estándar del equipo, como accesorios opcionales para que el cliente los escoja y añada los precios, en las cantidades escogidas, al total de su compra, ya sea para entrega local o para importar a nombre del cliente. En caso de escoger la opción de compra local, los precios añadidos deben incorporar el correspondiente valor de I.V.A. para poder totalizar.
- 10.- En el caso de repuestos y consumibles, no se aplica la parte correspondiente a instalación y puesta en marcha. La instalación de repuestos se cotizará aparte como visita técnica, a menos que la oferta especifique que la provisión de los mismos incluye la instalación.
- 11.- Las características adecuadas del local o sitio donde se instalará el equipo son de exclusiva responsabilidad del cliente y no corresponde a las Oficinas de JOSÉ JALIL el realizar adecuaciones ni abrir paredes, así como tampoco el realizar instalaciones eléctricas, salvo que estas labores estén explícitamente especificadas y descritas de manera clara e individual así como los precios de las mismas, tanto en la oferta como en el orden de compra o en el contrato.
El local deberá estar listo para la instalación de los equipos dentro del plazo de entrega acordado. Si por alguna razón el local no se encontrare listo cuando arribe el (los) equipo (s), el cliente se compromete a devolver la garantía de buen uso de anticipo al terminar el plazo de entrega (en caso de que la misma haya sido parte de la negociación), y a proceder al pagar el saldo pendiente de pago si existiera el mismo.
- 12.- La responsabilidad de las oficinas de JOSÉ JALIL durante los períodos de prueba se circunscriben al funcionamiento del equipo, a la comprobación de que los resultados se encuentren dentro de los límites, tolerancias y/o incertidumbres especificados por el fabricante para cada equipo. Esta responsabilidad no contempla: protocolos de prueba que no consten detallados en la solicitud de cotización o pliegos, obtención de datos que no se ajusten a las recomendaciones del fabricante y que no hayan sido solicitados u ofertados y que no consten en el contrato. La entera satisfacción o satisfacción del usuario se circunscribirá a: los procedimientos de operación, las características técnicas y especificaciones solicitadas y especificaciones solicitadas, ofertadas y contratadas.
- 13.- Los procedimientos de entrega recepción de los equipos serán los recomendados por el fabricante y/o los que consten en los manuales entregados por el fabricante. Cualquier procedimiento distinto al recomendado por el fabricante y solicitado por el cliente será de exclusiva responsabilidad del cliente y no podrá ser utilizado como prueba de malfuncionamiento del equipo. Los datos obtenidos se deben sujetar a las recomendaciones y especificaciones planteadas por el fabricante.
- 14.- Los manuales que se entregarán serán los que entregue el fabricante, y en el idioma que entrega el fabricante. Cualquier manual distinto al que entregue el fabricante deberá ser acordado entre el cliente y las oficinas de JOSÉ JALIL o constar en nuestra oferta o en la solicitud de oferta o pliegos de invitación.
- 15.- Es responsabilidad del usuario, una vez entregado el equipo instalado y puesto en marcha, el leer el manual de operación de los equipos, manual que será el que incluye el fabricante de los equipos. Las oficinas de JOSÉ JALIL pueden colaborar en las dudas que surjan de la lectura de los manuales.

Quito: Psje. Fray Joaquín Auz E7-08 y Últimas Noticias, Quito. Telf: 244 2388

Guayaquil: Miguel Campodonico No. 705 y Luis Orrantia, Edificio Park Avenue, 2do. Piso. Telf: 600 1486

3 de 4



Fecha: 20/01/2013
Cliente: LUBTECHNOLOGY
Atención: Ing. Luis Mideros
Fax:

Cotización No.: 042-JJH-2013-Rev1
Moneda: US Dollar
Validez Oferta: 60 días
Tiempo de Entrega: 60 días

Item	Cant.	No. Catálogo	Descripción	P. Unit	P. Total
------	-------	--------------	-------------	---------	----------

16.- Los reactivos que fueren necesarios para la instalación y puesta en marcha del equipo, serán de responsabilidad del cliente, salvo el caso en que dichos reactivos hayan sido solicitados, cotizados y adquiridos por el cliente en su orden de compra a nosotros.

17.- La calidad de los reactivos, estándares o materiales certificados de referencia, utilizados con los equipos provistos por nosotros, será responsabilidad del usuario, salvo en aquellos casos en que la provisión de los mismos sea parte de nuestra responsabilidad.



Ing. José M. Jalil
Cumpliendo con Calidad y Servicio

www.jhjalil.com

Fecha: 20/01/2013

Cotización No.: 047-JJH-2013-Rev1

Cliente: LUBTECHNOLOGY

Moneda: US Dollar

Atención: Ing. Luis Mideros

Validez Oferta: 60 días

Fax:

Tiempo de Entrega: 60 días

Item	Cant.	No. Catálogo	Descripción	P. Unit	P. Total																		
1	1	OIL-Q100-60-120 Proveedor: SPECTRO INC.	<p>Spectroil Q100, espectrómetro de sobremesa, para el análisis de simultáneo de metales de desgaste, contaminantes y aditivos en aceites lubricantes, de acuerdo con la Norma ASTM D6595.</p> <p>El Spectroil Q100 es controlador por una computadora externa que debe ser provista por el usuario si es que no fuera parte de nuestra oferta. Por favor referirse a los consumibles opcionales, a los accesorios y capacidades para complementar la operacionalidad del equipo.</p> <p>Ítems incluidos con el equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> *CS-75-500: aceite estándar 75 Base, 500 mL *CS-22-100-200G: estándar de calibración, 22 elementos, 100 ppm, 200m gramos *SMA-900-200G: Aceite estándar SMA-900-200G *M90013: Manguera 4" x 20" de vinil flexible *M90110: Afilador de electrodo de barra 160 Deg CE *M90322: Adaptador para portamuestras *M95608: recipientes de tres picos, 250 mL, Policarbonato *M96300: Manual de operación y de mantenimiento del usuario del Spectroil Q100 *M96350: Software del Spectroil Q100 *M96380: Juego de mantenimiento de rutina *M97008: Electrodo de disco, de grafito D-2 AGKSP (500 por caja) *M97009: Electrodos de grafito, de barra .242 x 6" AGKSP (50 por caja) *M99913: Paños de limpieza (kimwipes), EX-L 4.5x8.5" 1-Ply 280/Caja *M99914: Pipetas para transferencia de muestra, 8 mL, 400 por caja *M99915: Limpiador de ventanas, botella de 1 onza *P-10524: Portamuestras, alta temperatura (1000 por paquete) *CA-25: Adaptador PCIe, Ehternet, un puerto, doble perfil *F3087: cable de alimentación 6' 7" 18AWG SJT 10A (USA) (El P/N puede cambiar para otros sitios) *Q0001: Empaquetamiento apropiado para exportación <p>METALES INCLUIDOS EN EL PROGRAMA ANALÍTICO ESTÁNDAR</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>Element Symbol</th> <th>Readout Range in PPM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Aluminum Al</td> <td>0-1,000</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Barium Ba</td> <td>5-6,000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Boron B</td> <td>0-1,000</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Cadmium Cd</td> <td>0-1,000</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Calcium Ca</td> <td>0-6,000</td> </tr> </tbody> </table>	No.	Element Symbol	Readout Range in PPM	1	Aluminum Al	0-1,000	2	Barium Ba	5-6,000	3	Boron B	0-1,000	4	Cadmium Cd	0-1,000	5	Calcium Ca	0-6,000	87.695,00	87.695,00
No.	Element Symbol	Readout Range in PPM																					
1	Aluminum Al	0-1,000																					
2	Barium Ba	5-6,000																					
3	Boron B	0-1,000																					
4	Cadmium Cd	0-1,000																					
5	Calcium Ca	0-6,000																					



Ing. José M. Jalil
Cumpliendo con Calidad y Servicio

www.jhjalil.com

Fecha: 20/01/2013

Cotización No.: 047-JJH-2013-Rev1

Cliente: LUBTECHNOLOGY

Moneda: US Dollar

Atención: Ing. Luis Mideros

Validez Oferta: 60 días

Fax:

Tiempo de Entrega: 60 días

Item	Cant.	No. Catálogo	Descripción	P. Unit	P. Total
			Carbon C	Reference	
	6		Chromium Cr	0-1,000	
	7		Copper Cu	0-1,000	
			Hydrogen H	Reference	
	8		Iron Fe	0-1,000	
	9		Lead Pb	0-1,000	
	10		Magnesium Mg	0-6,000	
	11		Manganese Mn	0-1,000	
	12		Molybdenum Mo	0-1,000	
	13		Nickel Ni	0-1,000	
	14		Phosphorus P	10-6,000	
	15		Potassium K	0-1,000	
	16		Silicon Si	0-1,000	
	17		Silver Ag	0-1,000	
	18		Sodium Na	0-6,000	
	19		Tin Sn	0-1,000	
	20		Titanium Ti	0-1,000	
	21		Vanadium V	0-1,000	
	22		Zinc Zn	0-6,000	
			NOTA: ESTE PROGRAMA DE ELEMENTOS ES PARA ACEITES LUBRICANTES. SI SE ADQUIERE PROGRAMAS ADICIONALES COMO PARA COMBUSTIBLES O AGUAS, SE DEBE COMPARAR LOS METALES PARA VER SI TODOS LOS METALES DE LOS PROGRAMAS ADICIONALES CONSTAN EN EL LISTADO. CASO CONTRARIO AÑADIR LOS ELEMENTOS QUE FALTEN		
2	1	CM-08	Monitor para computadora, 19 pulgadas	675,00	675,00
			Proveedor: SPECTRO INC.		
3	1	CT-12	Computadora PC, apropiada para el uso y cargada con el software apropiada y probada en fábrica	1.422,00	1.422,00
			Proveedor: SPECTRO INC.		
4	3	M97008	Electrodo de disco, de grafito D-2 AGKSP (500 por caja)	280,00	840,00
			Proveedor: SPECTRO INC.		
5	3	M97009	Electrodos de grafito, de barra .242 x 6" AGKSP (50 por caja)	157,00	471,00
			Proveedor: SPECTRO INC.		
6	3	P-10524	Portamuestras, alta temperatura (1000 por paquete)	99,00	297,00

Fecha: 20/01/2013

Cotización No.: 047-JJH-2013-Rev1

Cliente: LUBTECHNOLOGY

Moneda: US Dollar

Atención: Ing. Luis Mideros

Validez Oferta: 60 días

Fax:

Tiempo de Entrega: 60 días

Item	Cant.	No. Catálogo	Descripción	P. Unit	P. Total
		INC.			
7	3	CS-22-100-200G	Estándar para calibración, 22 elementos, 100 ppm, 200 gramos	233,00	699,00
		Proveedor: SPECTRO INC.			
8	3	SMA-900-200G	Estándar de calibración, elementos de aditivos, 900 ppm, 200 gramos	272,00	816,00
		Proveedor: SPECTRO INC.			
9	3	CS-75-500	Aceite base estándar, 75, 500 gramos	30,00	90,00
		Proveedor: SPECTRO INC.			
10	5	M99913	Paños de limpieza EX-L 4.5x8.5" 1-Ply 280/caja	7,00	35,00
		Proveedor: SPECTRO INC.			
11	5	M99914	Pipetas para transferencia de muestra, 8 mL, 400 por caja	52,00	260,00
		Proveedor: SPECTRO INC.			
12	3	M99915	Limpiador de ventanas, botella de 1 onza	7,00	21,00
		Proveedor: SPECTRO INC.			
13	1	M99909	Bomba de muestreo, re-usable, 38-X, para la obtención de muestras desde los motores	63,00	63,00
		Proveedor: SPECTRO INC.			
14	2	M99910	Kit completo de muestreo, (50 botellas de 120 mL) y manguera de 100 pies (30 metros)	76,00	152,00
		Proveedor: SPECTRO INC.			
15	1	M90305A	Impresora EPSON LX-300+II 115V50/60Hz	546,00	546,00
		Proveedor: SPECTRO INC.			
16	2	M90102	Cuchilla para afilador de electrodos	29,00	58,00
		Proveedor: SPECTRO INC.			

Moneda:	US Dollar	Subtotal:	94.140,00
		Descuento: 0 %	0,00

Fecha: 20/01/2013

Cotización No.: 047-JJH-2013-Rev1

Cliente: LUBTECHNOLOGY

Moneda: US Dollar

Atención: Ing. Luis Mideros

Validez Oferta: 60 días

Fax:

Tiempo de Entrega: 60 días

Item	Cant.	No. Catálogo	Descripción	P. Unit	P. Total
Son:		NOVENTA Y CUATRO MIL CIENTO CUARENTA 00/100 SIN IVA		Total Sin IVA:	94.140,00
				Tarifa IVA: 12 %	94.140,00
Forma de Pago:		El Pago será acordado y confirmado por escrito.		Tarifa IVA: 0 %	0,00
				IVA:	11.296,80
				Total Con IVA:	105.436,80

Ítems Incluidos: vienen con el equipo sin costo adicional.

Ítems Opcionales: no están incluidos en el precio total y en caso de querer incluirlos se debe añadir el precio total para ese ítem y el IVA de ese ítem.

Código RUP sugerido:

PARA CUALQUIER COMUNICACIÓN Y EN CASO DE ADJUDICACIÓN CON RESPECTO A ESTA OFERTA, POR FAVOR REFERIRSE AL NÚMERO DE COTIZACIÓN 047-JJH-2013-Rev1.

Atentamente,
 JOSÉ M. JALIL HAAS
 Oficinas Jose Jalil

ALCANCE DE LOS SERVICIOS INCLUIDOS EN NUESTRA OFERTA

AL ACEPTAR ESTA COTIZACION SE CONFIRMA EL HABER LEIDO Y ACEPTADO LAS CARACTERÍSTICAS AQUI DESCRITAS

- 1.- Toda la mercadería adquirida a JOSÉ JALIL, goza de una garantía técnica que, por lo general, se encuentra manifestada en la oferta o en un documento al realizar la entrega de la mercadería. Esta garantía puede ser: uno o dos años de mano de obra, dependiendo de la mercadería entregada. El primer año de garantía cubre la provisión de repuestos, partes o piezas (no consumibles) que muestren fallas de operación debido a malos materiales de construcción y/o a fallas de diseño, técnica y debidamente comprobadas. Los equipos de computación y la vidriería tienen una garantía de seis meses, salvo un acuerdo específico.
- 2.- Toda mercadería provista por las oficinas de JOSÉ JALIL se entregará instalada, puesta en marcha y se dará la capacitación que consiste en una demostración de las características y la operación del equipo, de acuerdo a lo recomendado por el fabricante.
 La instalación del equipo se refiere a la actividad de colocar el equipo en el sitio asignado para el mismo, la conexión a los servicios que requiere el equipo (electricidad apropiada, agua, gas, aire, etc., según lo requiera el equipo) y que deben estar disponibles en el sitio en la cantidad y las características apropiadas para el equipo. La puesta en marcha es la actividad de poner en funcionamiento el equipo y comprobar las funciones del mismo de acuerdo a lo recomendado por el fabricante. Los datos que ofrezca el equipo se compararán e interpretarán únicamente de acuerdo a lo especificado por el fabricante del equipo en cuanto a capacidades, valores, límites, incertidumbres, tiempos de respuesta, exactitudes, etc. Para esto se recurrirá a los catálogos y manuales. Cualquier análisis fuera de lo recomendado por el fabricante o que no conste en los catálogos o manuales, no podrá ser utilizado para comparación o interpretación de datos, salvo consulta al fabricante y aceptación del mismo. Los procedimientos de medición o de aceptación de equipos serán acordes a lo establecido por el fabricante. Las características técnicas serán las sostenidas por el fabricante y en caso de duda será el fabricante quien defina el cumplimiento del equipo o no.
 La capacitación dictada por el personal de las oficinas de JOSÉ JALIL no contempla el dictado de cursos teóricos sobre los principios de funcionamiento ni sobre las técnicas utilizadas para el análisis o manejo de datos. El personal del cliente deberá tener los conocimientos necesarios y suficientes de la teoría básica y de la técnica analítica correspondiente, del principio de funcionamiento de los equipos, así como el conocimiento de la interpretación necesaria de los datos obtenidos, siendo este un requisito para recibir la capacitación descrita. Si la oferta contemplare cursos específicos de la teoría básica y de la técnica analítica correspondiente, del principio de funcionamiento de los equipos, así como el conocimiento de la interpretación necesaria de los datos obtenidos, entonces la responsabilidad es de nuestras oficinas. Esta necesidad debe estar claramente expresada en la solicitud de oferta y en nuestra oferta.
- 3.- La garantía técnica ofertada por JOSÉ JALIL, cubre daños debidos a malos materiales de fabricación y/o a fallas de diseño, debida y técnicamente comprobados. Esta garantía cubre mano de obra y repuestos para los defectos o fallas debidos a malos materiales de fabricación y/o a fallas de diseño, debida y técnicamente comprobados, dentro del período de garantía estipulado en la garantía técnica. La garantía no cubre consumibles de ningún tipo. La garantía tampoco cubre daños debidos a fuerzas de la naturaleza, actos de Dios, a intervención de personal no autorizado, a acciones mal intencionadas ni tampoco daños originados por mala calidad de los servicios y/o insumos, o, debidos a la no idoneidad del sitio de instalación.
- 4.- Los bienes se entregarán con los accesorios estándares de los equipos oferta-dos, detallados en el catálogo como tales, y adicionalmente con los accesorios que, no siendo estándares, hayan sido cotizados y adquiridos, ya sea en conjunto con el equipo, o, por separado, a pedido del cliente.
- 5.- La configuración del equipo, apropiada para la aplicación específica del cliente, deberá ser confirmada y aceptada por el cliente, y, las oficinas de JOSÉ JALIL entregará el equipo de acuerdo a la configuración ofertada y/u ordenada por el cliente y con todos los componentes ofertados y/u ordenados por el cliente.
- 6.- Si el cliente ha dado como referencia un determinado modelo, la oferta se basa en dicho modelo y toma las características del mismo como las características fundamentales del equipo a ofertar, asumiendo que cualquier otra característica mencionada en el detalle de la solicitud se subordina a la característica fundamental del modelo referencial mencionado, es decir que se la considera como aplicable y secundaria a la característica principal del modelo mencionado como referencial.

Quito: Psje. Fray Joaquín Auz E7-08 y Últimas Noticias, Quito. Telf: 244 2388

Guayaquil: Miguel Campodonico No. 705 y Luis Orrantia, Edificio Park Avenue, 2do. Piso. Telf: 600 1486

4 de 5

Fecha: 20/01/2013

Cotización No.: 047-JJH-2013-Rev1

Cliente: LUBTECHNOLOGY

Moneda: US Dollar

Atención: Ing. Luis Mideros

Validez Oferta: 60 días

Fax:

Tiempo de Entrega: 60 días

Item	Cant.	No. Catálogo	Descripción	P. Unit	P. Total
------	-------	--------------	-------------	---------	----------

- 7.- Las oficinas de JOSÉ JALIL asumen que la solicitud del cliente está elaborada tomando en consideración todas sus necesidades y se derivan del conocimiento de que lo solicitado es lo único requerido para su aplicación específica.
- 8.- Las oficinas de JOSÉ JALIL asumen que todos aquellos accesorios requeridos para la operación general del equipo solicitado que no son estándares y que no se hayan solicitado de manera explícita, o no son necesarios para la aplicación del cliente o que el cliente ya los posee. El equipo se entregará con los accesorios estándares que se describen en la oferta y que son parte del mismo de acuerdo con el catálogo.
- 9.- En caso de que el cliente mencione que el equipo se requiere para alguna aplicación específica y no solicite los accesorios necesarios para la misma, las oficinas de JOSÉ JALIL asumen que el cliente posee todos los accesorios y opcionales para dicha aplicación. El cliente deberá solicitar todos aquellos accesorios que no son los de tipo estándar del mismo o deberá especificar que el oferente debe incluir los accesorios para una determinada aplicación. Las Oficinas de JOSÉ JALIL están en capacidad de coordinar con el usuario y colaborar para establecer el listado apropiado para la aplicación específica y ofertarán los accesorios necesarios para dicha aplicación, una vez definidos con el cliente, que no sean de la provisión estándar del equipo, como accesorios opcionales para que el cliente los escoja y añada los precios, en las cantidades escogidas, al total de su compra, ya sea para entrega local o para importar a nombre del cliente. En caso de escoger la opción de compra local, los precios añadidos deben incorporar el correspondiente valor de I.V.A. para poder totalizar.
- 10.- En el caso de repuestos y consumibles, no se aplica la parte correspondiente a instalación y puesta en marcha. La instalación de repuestos se cotizará aparte como visita técnica, a menos que la oferta especifique que la provisión de los mismos incluye la instalación.
- 11.- Las características adecuadas del local o sitio donde se instalará el equipo son de exclusiva responsabilidad del cliente y no corresponde a las Oficinas de JOSÉ JALIL el realizar adecuaciones ni abrir paredes, así como tampoco el realizar instalaciones eléctricas, salvo que estas labores estén explícitamente especificadas y descritas de manera clara e individual así como los precios de las mismas, tanto en la oferta como en el orden de compra o en el contrato. El local deberá estar listo para la instalación de los equipos dentro del plazo de entrega acordado. Si por alguna razón el local no se encontrare listo cuando arribe el (los) equipo (s), el cliente se compromete a devolver la garantía de buen uso de anticipo al terminar el plazo de entrega (en caso de que la misma haya sido parte de la negociación), y a proceder al pagar el saldo pendiente de pago si existiera el mismo.
- 12.- La responsabilidad de las oficinas de JOSÉ JALIL durante los períodos de prueba se circunscriben al funcionamiento del equipo, a la comprobación de que los resultados se encuentren dentro de los límites, tolerancias y/o incertidumbres especificados por el fabricante para cada equipo. Esta responsabilidad no contempla: protocolos de prueba que no consten detallados en la solicitud de cotización o pliegos, obtención de datos que no se ajusten a las recomendaciones del fabricante y que no hayan sido solicitados u ofertados y que no consten en el contrato. La entera satisfacción o satisfacción del usuario se circunscribirá a: los procedimientos de operación, las características técnicas y especificaciones solicitadas, ofertadas y contratadas.
- 13.- Los procedimientos de entrega recepción de los equipos serán los recomendados por el fabricante y/o los que consten en los manuales entregados por el fabricante. Cualquier procedimiento distinto al recomendado por el fabricante y solicitado por el cliente será de exclusiva responsabilidad del cliente y no podrá ser utilizado como prueba de malfuncionamiento del equipo. Los datos obtenidos se deben sujetar a las recomendaciones y especificaciones planteadas por el fabricante.
- 14.- Los manuales que se entregarán serán los que entregue el fabricante, y en el idioma que entrega el fabricante. Cualquier manual distinto al que entregue el fabricante deberá ser acordado entre el cliente y las oficinas de JOSÉ JALIL o constar en nuestra oferta o en la solicitud de oferta o pliegos de invitación.
- 15.- Es responsabilidad del usuario, una vez entregado el equipo instalado y puesto en marcha, el leer el manual de operación de los equipos, manual que será el que incluye el fabricante de los equipos. Las oficinas de JOSÉ JALIL pueden colaborar en las dudas que surjan de la lectura de los manuales.
- 16.- Los reactivos que fueren necesarios para la instalación y puesta en marcha del equipo, serán de responsabilidad del cliente, salvo el caso en que dichos reactivos hayan sido solicitados, cotizados y adquiridos por el cliente en su orden de compra a nosotros.
- 17.- La calidad de los reactivos, estándares o materiales certificados de referencia, utilizados con los equipos provistos por nosotros, será responsabilidad del usuario, salvo en aquellos casos en que la provisión de los mismos sea parte de nuestra responsabilidad.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

1. J. GEORGE WILLS, "Lubrication Fundamentals" primera edición.
2. ROBERT L. MOTT, "Mecánica de fluidos aplicada" sexta edición.
3. CATÁLOGO DE SUMMIT, "Lubricant Guide", pp. 124, quinta edición.
4. NORIA CORPORATION, "The Practical Handbook of Machinery Lubrication" cuarta edición.
5. PALL CORPORATION, "Solución de Filtración y Separación" [www.pall.jp].
6. ASTM D-95, "Standard Test Method for Water in Petroleum Products and Bituminous Materials by Distillation" 2010.
7. SANTIAGO GARCIA GARRIDO, "Organización y Gestión de Mantenimiento", 2003.
8. Lubtechnology, [www.lubtechnology.com]
9. Lubewatch, "Reliability-based Lubrication Practices for Increased Productivity and Optimal Equipment Performance", 2012.
10. ASTM D-1500, "ASTM Color of Petroleum Products (ASTM Color Scale)" 2007.
11. Comité Europeo de Normalización ISO 17025:1999, "Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración", 1999.
12. NTC OHSAS 18002, "Sistema de Gestión y Salud Ocupacional", 2008.
13. Cleapess School Scienc Service Curless, "Designing and Planning Laboratories", 2009.

14. NTE INEN 2 247, "Accesibilidad de las personas al medio físico. edificios. corredores y pasillos", 2000.
15. ASHRAE 62, "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality", 2001.
16. DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG 5053, "Power Industry", 2008.
17. EDISON, [www.edison.upc.edu].
18. NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC 10 PARTE 9-1, "Instalaciones eléctricas en bajo voltaje", 2012.
19. DIRECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DEL ECUADOR, [www.ecuadorambiental.com].
20. SPECTROinc, [www.spectroinc.com]
21. MERCK, [www.merck.com.ec]