



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA
COMBUSTIBLE, ACEITES LUBRICANTES Y AGUA PARA UNA CENTRAL
GENERADORA ELÉCTRICA POR MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA GESUR**

Christian Alfredo Peña Portillo

Asesorado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Guatemala, julio de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA
COMBUSTIBLE, ACEITES LUBRICANTES Y AGUA PARA UNA CENTRAL
GENERADORA ELÉCTRICA POR MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA GESUR**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CHRISTIAN ALFREDO PEÑA PORTILLO

ASESORADO POR LA INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECANICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Jose Luis Antonio Valdeavellano Ardón
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA COMBUSTIBLE, ACEITES LUBRICANTES Y AGUA PARA UNA CENTRAL GENERADORA ELÉCTRICA POR MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA GESUR

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 30 de marzo de 2006.

Christian Alfredo Peña Portillo



Guatemala, 16 de mayo de 2016.
REF.EPS.DOC.326.05.16.

Ingeniera
Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Classon de Pinto:

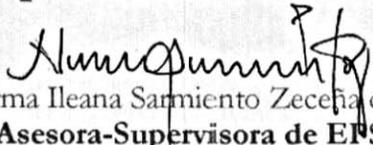
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Christian Alfredo Peña Portillo**, Carné No. 200112465 procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA COMBUSTIBLE, ACEITES LUBRICANTES Y AGUA PARA UNA CENTRAL GENERADORA ELÉCTRICA POR MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA GESUR.**

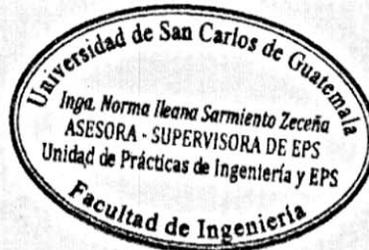
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



NISZds/ra



Guatemala, 16 de mayo de 2016.
REF.EPS.D.214.05.16

Ingeniero
Juan José Peralta
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

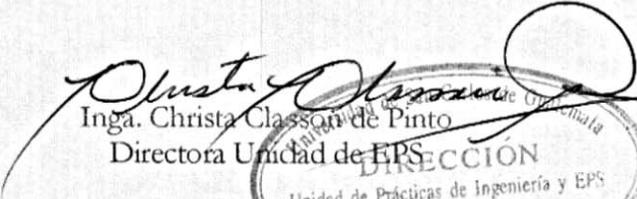
Estimado Ing. Peralta:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA COMBUSTIBLE, ACEITES LUBRICANTES Y AGUA PARA UNA CENTRAL GENERADORA ELÉCTRICA POR MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA GESUR**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Christian Alfredo Peña Portillo** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la *aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS*, en mi calidad de Directora, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS


DIRECCIÓN
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

CCdP/ra



REF.REV.EMI.069.016

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA COMBUSTIBLE, ACEITES LUBRICANTES Y AGUA PARA UNA CENTRAL GENERADORA ELÉCTRICA POR MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA GESUR**, presentado por el estudiante universitario **Christian Alfredo Peña Portillo**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Juan José Peralta Dardón
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2016.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

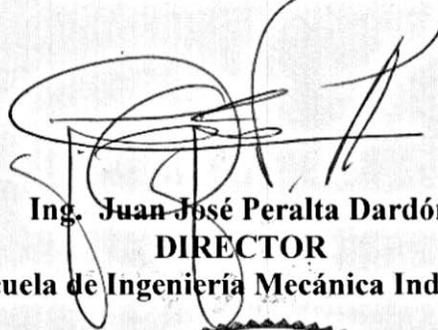


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.113.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA COMBUSTIBLE, ACEITES LUBRICANTES Y AGUA PARA UNA CENTRAL GENERADORA ELÉCTRICA POR MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA GESUR**, presentado por el estudiante universitario **Christian Alfredo Peña Portillo**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, julio de 2016.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala

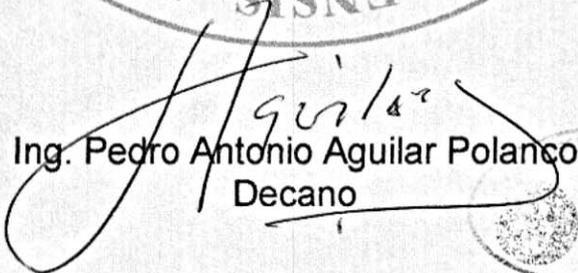


Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.320-2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA COMBUSTIBLE, ACEITES LUBRICANTES Y AGUA PARA UNA CENTRAL GENERADORA ELÉCTRICA POR MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA GESUR**, presentado por el estudiante universitario: **Christian Alfredo Peña Portillo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, julio de 2016

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi guía y mostrarme el camino a seguir para alcanzar el éxito.
Mis padres	Víctor Peña y Dairin Portillo de Peña, por su amor, esfuerzo, sacrificio y sabios consejos; los admiro y los amo.
Mis hermanos	Víctor y Dairin Peña, por su incondicional amor.
Mi esposa	Gema de Leon, por ser parte importante de mi éxito.
Mis hijos	Sebastián, Rodrigo, Paula y Christina, por ser parte de mi vida, los amo.
Mis amigos	Por los interminables momentos de apoyo incondicional y esfuerzos fructíferos.

AGRADECIMIENTOS A:

**Central Generadora
GESUR**

En especial al Departamento de Mantenimiento,
por contribuir en el desarrollo de este trabajo de
investigación.

Inga. Norma Sarmiento

Por su apoyo y su colaboración.

**Catedráticos de la
Facultad de Ingeniería**

Por brindarme sus conocimientos en estos años
de carrera y estudio.

Todas las personas que contribuyeron en el desarrollo de este trabajo de graduación y a la Universidad de San Carlos de Guatemala.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XXV
OBJETIVOS.....	XXVII
INTRODUCCIÓN	XXIX
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	1
1.1. Historia de la empresa.....	1
1.2. Descripción y ubicación	2
1.3. Actividades y servicios.....	3
1.4. Visión y misión.....	5
1.5. Estructura organizacional	6
2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	9
2.1. Diagnóstico general.....	9
2.1.1. Método actual de realización de análisis	12
2.1.1.1. Análisis de combustible	12
2.1.1.2. Análisis de aceite lubricante	13
2.1.1.3. Análisis de agua	13
2.1.2. Comentarios acerca de los métodos de análisis empleados	14
2.1.3. Medidas de seguridad actuales	15
2.1.4. Definición del problema	15

2.2.	Administración de las operaciones.....	16
2.2.1.	Calidad en los análisis.....	17
2.2.2.	Manejo de personal.....	17
2.2.3.	Influencia de los análisis en las operaciones de la planta.....	19
2.2.4.	Descripción de cobertura de análisis.....	19
2.2.5.	Capacidad instalada.....	20
2.2.6.	Estado actual del equipo.....	22
2.3.	Diagnóstico general del área de almacenaje de combustible y aceite lubricante.....	22
2.3.1.	Ubicación dentro de la institución.....	24
2.3.2.	Medidas de seguridad actuales.....	28
2.3.3.	Estado actual del área de almacenaje.....	29
3.	PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA COMBUSTIBLE, ACEITES LUBRICANTES Y AGUA.....	31
3.1.	Descripción del equipo de laboratorio.....	35
3.2.	Procedimientos de manejo de equipo.....	37
3.3.	Medidas de seguridad en el manejo de reactivos.....	38
3.4.	Sistema de análisis de aceite lubricante.....	45
3.4.1.	Muestreo de aceites lubricantes.....	46
3.4.1.1.	Dónde tomar la muestra.....	46
3.4.1.2.	Frecuencia de muestreo.....	49
3.4.1.3.	Método de sustraer la muestra.....	50
3.4.1.3.1.	Procedimientos adecuados en la toma de muestras.....	51

	3.4.1.3.2.	Identificación y registro de la fuente de la muestra.....	52
	3.4.1.4.	Tamaño de la muestra.....	53
	3.4.1.5.	Condiciones para tomar la muestra	54
	3.4.1.6.	Cómo obtener una muestra representativa.....	54
3.4.2.		Análisis de aceites lubricantes métodos y procedimientos	55
	3.4.2.1.	Análisis de viscosidad.....	56
	3.4.2.2.	Análisis de TBN	62
	3.4.2.3.	Análisis de densidad.....	66
	3.4.2.4.	Análisis de insolubles	69
	3.4.2.5.	Análisis de contenido de agua.....	71
	3.4.2.6.	Análisis de TAN	75
3.4.3.		Hoja de control de resultados de los análisis.....	78
	3.4.3.1.	Interpretación de resultados	80
3.4.4.		Control estadístico de muestras de aceite lubricante	86
	3.4.4.1.	Estándares y especificaciones de viscosidad de aceite	87
	3.4.4.2.	Establecimiento de límites de control ..	89
	3.4.4.3.	Gráfico de control para viscosidad.....	89
	3.4.4.4.	Análisis de causas de variación en el diagnóstico.....	91
3.4.5.		Conclusiones de resultados.....	92
3.4.6.		Medidas a tomar de acuerdo a resultados obtenidos	93
3.5.		Sistema de análisis de combustible (bunker)	94

3.5.1.	Muestreo de bunker	95
3.5.1.1.	Dónde tomar la muestra	96
3.5.1.2.	Frecuencia de muestreo.....	98
3.5.1.3.	Método de sustraer la muestra.....	99
3.5.1.3.1.	Procedimientos adecuados en la toma de muestras	99
3.5.1.3.2.	Identificación y registro de la fuente de la muestra	100
3.5.1.4.	Tamaño de la muestra	101
3.5.1.5.	Condiciones para tomar la muestra....	101
3.5.1.5.1.	Cómo obtener una muestra representativa	102
3.5.2.	Análisis de bunker métodos y procedimientos	103
3.5.2.1.	Análisis de viscosidad	104
3.5.2.2.	Análisis de densidad	109
3.5.2.3.	Análisis de <i>pour point</i>	112
3.5.2.4.	Análisis de insolubles	115
3.5.2.5.	Análisis de compatibilidad	118
3.5.2.6.	Análisis de CCAI	121
3.5.3.	Hoja de control de resultados de los análisis	124
3.5.3.1.	Interpretación de resultados.....	126
3.5.4.	Control estadístico de muestras de bunker	131
3.5.4.1.	Estándares y especificaciones de viscosidad de bunker.....	131
3.5.4.2.	Establecimiento de límites de control .	133
3.5.4.3.	Gráfico de control para viscosidad	133

	3.5.4.4.	Análisis de causas de variación en el diagnóstico.....	134
	3.5.5.	Conclusiones de resultados.....	135
	3.5.6.	Medidas a tomar de acuerdo a resultados obtenidos	137
3.6.		Sistema de análisis de agua para refrigeración de motores..	137
	3.6.1.	Muestreo de agua.....	138
	3.6.1.1.	Dónde tomar la muestra	138
	3.6.1.2.	Frecuencia de muestreo	141
	3.6.1.3.	Método de sustraer la muestra	143
	3.6.1.3.1.	Procedimientos adecuados en la toma de muestras.....	144
	3.6.1.3.2.	Identificación y registro de la fuente de la muestra.....	145
	3.6.1.4.	Tamaño de la muestra.....	146
	3.6.1.5.	Condiciones para tomar la muestra ...	147
	3.6.1.5.1.	Cómo obtener una muestra representativa.....	147
	3.6.2.	Análisis de agua métodos y procedimientos.....	148
	3.6.2.1.	Análisis de pH.....	149
	3.6.2.2.	Análisis de dureza	151
	3.6.2.3.	Análisis de conductividad	156
	3.6.2.4.	Análisis de nitritos.....	159
	3.6.2.5.	Análisis de hierro	165
	3.6.3.	Hoja de control de resultados de los análisis.....	170
	3.6.3.1.	Interpretación de resultados	174

3.6.4.	Control estadístico de muestras de agua	180
3.6.4.1.	Estándares y especificaciones de agua	181
3.6.4.2.	Establecimiento de límites de control .	181
3.6.4.3.	Gráfico de control para contenido de nitritos.....	182
3.6.4.4.	Análisis de causas de variación en el diagnóstico	184
3.6.5.	Conclusiones de resultados	185
3.6.6.	Medidas a tomar de acuerdo a resultados obtenidos.....	186
4.	ESTIMACIÓN DE RESULTADOS ESPERADOS DEL DISEÑO.....	189
4.1.	Resultados del análisis.....	189
4.2.	Resultados de las hojas de control de los análisis	190
4.3.	Resultados del control estadístico.....	192
4.4.	Resultados del sistema en conjunto.....	196
4.4.1.	El diseño del sistema como un enfoque de calidad en el servicio a la empresa	196
5.	PROPUESTA DE MANUAL DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE Y ACEITE LUBRICANTE	199
5.1.	Documentación necesaria.....	200
5.2.	Ubicación de tanques de aceite	208
5.2.1.	Composición y características del aceite.....	212
5.2.1.1.	Propiedades físicas y químicas	215
5.2.2.	Condiciones ambientales	216
5.2.3.	Procedimientos para el manejo y almacenamiento de aceite.....	217

5.2.4.	Hoja de control de descarga y consumo de aceite	219
5.3.	Ubicación de tanques de combustible	222
5.3.1.	Composición y características del combustible ...	226
5.3.2.	Propiedades físicas y químicas	227
5.3.3.	Condiciones ambientales.....	228
5.3.4.	Procedimientos para el manejo y almacenamiento de bunker	229
5.3.5.	Hoja de control de descarga y consumo de combustible.....	232
5.4.	Medidas preventivas de seguridad a tomar en cuenta para el manejo de combustible y aceite lubricante	235
CONCLUSIONES		241
RECOMENDACIONES.....		245
BIBLIOGRAFÍA.....		247
APÉNDICE.....		249
ANEXO		253

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de planta generadora GESUR.....	2
2.	Organigrama de la empresa.....	6
3.	Planta generadora.....	8
4.	Diagrama causa y efecto del laboratorio	11
5.	Tanque de almacén de bunker.....	25
6.	Tanque de almacén de aceite	25
7.	Tanque de almacén de diésel	26
8.	Plano de ubicación y distribución tanques de almacén	27
9.	Esquema del sistema de análisis de combustible, aceite lubricante y agua	33
10.	Esquema del sistema de análisis de aceite lubricante	46
11.	Diagrama de toma de muestras de aceite en motores.....	48
12.	Válvula de muestreo de aceite	50
13.	Forma de sacar válvula principal.....	57
14.	Marca en forma de “V” interior viscosímetro	58
15.	Forma de verter el aceite en el viscosímetro.....	58
16.	Forma de colocar válvula principal en viscosímetro	59
17.	Utilización viscosímetro análisis de aceite (a)	59
18.	Utilización viscosímetro análisis de aceite (b)	60
19.	Utilización viscosímetro análisis de aceite (c)	60
20.	Utilización viscosímetro análisis de aceite (d)	61
21.	Utilización viscosímetro análisis de aceite (e)	61
22.	Forma de presionar M en pantalla de consola	63

23.	Forma de verter muestra de referencia en frasco de TBN.....	63
24.	Forma de presionar zero en consola	64
25.	Forma de sujetar y agitar el frasco de TBN	64
26.	Forma de ingreso de valor de referencia obtenido	65
27.	Forma de ingreso de valor de TBN de aceite nuevo.....	65
28.	Forma de presionar enter para obtener resultado	66
29.	Forma de remover aceite en medidor de densidad.....	67
30.	Forma de sumergir hidrómetro en medidor de densidad	68
31.	Forma de ingresar valor teórico de densidad.....	68
32.	Forma de presionar enter para obtener densidad del aceite	68
33.	Selección de programa para analizar insolubles	70
34.	Forma de colocación de tubo de vidrio en frasco de insolubles.....	70
35.	Forma de seleccionar el valor cero haciendo girar la perilla	70
36.	Forma de verter aceite en tubo de vidrio	71
37.	Selección de programa para analizar contenido de agua	72
38.	Vertido de reactivo A en frasco	73
39.	Vertido de aceite en frasco	73
40.	Colocación de frasco en consola y selección de tecla zero	74
41.	Forma de sujetar y agitar frasco de contenido de agua	74
42.	Resultado análisis de contenido de agua	75
43.	Selección de programa para analizar TAN	76
44.	Colocación tubo de vidrio en frasco de TAN.....	76
45.	Vertido de aceite en tubo de vidrio.....	77
46.	Ingreso del valor gastado del reactivo E	77
47.	Resultado del análisis	78
48.	Control de viscosidad en aceite	90
49.	Esquema del sistema de análisis de combustible.....	95
50.	Bomba de descarga de bunker	97
51.	Punto óptimo para la toma de muestra de bunker	97

52.	Forma de sacar válvula principal.....	105
53.	Forma correcta de verter la muestra de bunker en viscosímetro	105
54.	Marca en forma de V interior viscosímetro	106
55.	Forma de sacar el aire del interior del viscosímetro	106
56.	Selección correcta de programa en viscosímetro	107
57.	Selección correcta de temperatura para análisis de viscosidad.....	107
58.	Forma correcta de mover viscosímetro	108
59.	Forma correcta para mover viscosímetro.....	108
60.	Toma correcta de lectura en pantalla de viscosímetro	109
61.	Forma de remover bunker en medidor de densidad	110
62.	Sumergido de hidrómetro en medidor de densidad	111
63.	Ingreso de valor teórico de densidad	111
64.	Lectura correcta de densidad en bunker analizado.....	112
65.	Forma correcta de vertido de bunker en <i>beacker</i>	113
66.	Colocación correcta de <i>beacker</i> en recipiente con hielo	113
67.	Inspección muestra de bunker en <i>beacker</i>	114
68.	Toma correcta de temperatura a muestra de <i>bunker</i>	114
69.	Inspección horizontal de muestra de bunker.....	115
70.	Selección de programa para analizar insolubles	116
71.	Colocación de tubo de vidrio en frasco de insolubles	116
72.	Selección correcta del valor cero haciendo girar la perilla	117
73.	Vertido de bunker en tubo de vidrio	117
74.	Resultado del análisis	118
75.	Uso del medidor de compatibilidad	119
76.	Manejo <i>kit</i> de papeles	120
77.	Manejo cuadro de referencia.....	121
78.	Utilización medidor de densidad	123
79.	Forma de selección de modo 3 y resultado CCAI	124
80.	Control de viscosidad en bunker	134

81.	Esquema del sistema de análisis de agua para refrigeración	138
82.	Punto óptimo para toma de muestra de agua en suavizador.....	139
83.	Punto óptimo para toma de muestra de agua en separador.....	139
84.	Punto óptimo para toma de muestra de agua en circuito HT	140
85.	Punto óptimo para toma de muestra de agua en circuito LT	141
86.	Forma correcta de tomar medidor de pH	150
87.	Forma correcta de insertar medidor de pH	150
88.	Obtención de resultado de pH del agua.....	151
89.	Utilización correcta de probeta	153
90.	Vertido correcto de buffer para dureza	153
91.	Vertido correcto de indicador de dureza	154
92.	Agitación correcta para disolver químico	154
93.	Vertido correcto de solución tituladora.....	155
94.	Color correcto de la muestra a analizar	155
95.	Forma correcta de vertido de agua en conductivimetro	157
96.	Ubicación de la tecla para activar programa de conductividad	158
97.	Obtención del resultado de conductividad	158
98.	Vertido correcto de muestra en probeta.....	160
99.	Forma correcta de añadir reactivo núm.1	160
100.	Forma correcta de añadir reactivo núm. 2	161
101.	Forma correcta agitar probeta	161
102.	Resultado del análisis de la muestra	162
103.	Muestra de agua en proceso de análisis	163
104.	Resultado final del análisis	163
105.	Secuencia de realización paso 1	166
106.	Vertido correcto de 25 ml de muestra frasco 1	167
107.	Vertido correcto de 25 ml de muestra frasco 2	167
108.	Vertido de sobre de ferover en muestra a analizar	167
109.	Selección de tiempo para mezcla de químico.....	168

110.	Colocación correcta de muestra 1 en espectrofotómetro	168
111.	Modo de ingreso para activar programa de análisis.....	169
112.	Colocación correcta de muestra 2 es espectrofotómetro	169
113.	Selección de Read/Enter para obtención de resultado final.....	170
114.	Contenido de nitritos circuitos HT	183
115.	Contenidos de nitritos Circuitos LT.....	183
116.	Dispersión de vapores.....	203
117.	Eliminación de riesgos	204
118.	Plano de ubicación de tanques de aceite.....	209
119.	Identificación tanques de aceite	210
120.	Medidas estándar de fabricación tanques de aceite	211
121.	Plano de ubicación de tanques de combustible (bunker).....	223
122.	Identificación tanques de bunker.....	224
123.	Medidas estándar de fabricación tanques de bunker.....	225

TABLAS

I.	Diagnóstico de la empresa.....	10
II.	Inventario de equipo de laboratorio.....	21
III.	Diagnóstico situación actual área de almacenaje bunker y aceite lubricante.....	23
IV.	Equipo de laboratorio función y representación	35
V.	Frecuencia de muestreo de aceite en motores Mak	49
VI.	Especificaciones de calidad para aceite.....	56
VII.	Hoja de control de resultados de los análisis de aceite.....	79
VIII.	Límites permisibles de viscosidad SAE para aceites de motor	88
IX.	Especificaciones de viscosidad ISO.....	88
X.	Lecturas de viscosidad a 40 °C en cSt del motor Mak 10	90
XI.	Informe de análisis de aceite.....	93

XII.	Frecuencia de muestreo de bunker	98
XIII.	Hoja de control de resultados de los análisis de bunker	125
XIV.	Especificaciones de calidad para bunker C	132
XV.	Lecturas de viscosidad de bunker a 50 °C en cSt.....	133
XVI.	Informe de análisis de bunker	136
XVII.	Frecuencia de muestreo de agua en suavizadores y separadores de aceite	142
XVIII.	Frecuencia de muestreo de agua en motores Mak.....	143
XIX.	Guía de dosificación para el químico Dewt Nc	164
XX.	Hoja de control de resultados de los análisis de agua en los motores.....	171
XXI.	Hoja de control de resultados de los análisis de agua en suavizadores y separadores	173
XXII.	Especificaciones de calidad para el agua	181
XXIII.	Lecturas de contenido de nitritos en ppm en agua de refrigeración de motor Mak 8.....	182
XXIV.	Informe final de análisis de agua en motores de planta generadora ..	186
XXV.	Propiedades físicas y químicas del aceite lubricante (TARO 40 XL 40).....	215
XXVI.	Hoja de control de descarga de aceite.....	220
XXVII.	Hoja de control de consumo de aceite.....	221
XXVIII.	Propiedades físicas y químicas del HFO (Bunker).....	228
XXIX.	Hoja de control de descarga de bunker	233
XXX.	Hoja de control de consumo de bunker	235

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
12CM43	12 = número de cilindros. CM= especificaciones del valor límite. 43 = diámetro del cilindro en centímetros.
MW	Megavatios.
CCAI	Calculates Carbon Aromaticity Index. (Índice aromático de carbono calculado).
TBN	Total Basic Number (número total básico).
TAN	Total Acid Number (número total ácido).
pH	Pondus Hydrogenium (potencial de hidrógeno).
HT001	Heavy Tank (Tanque de combustible pesado 1).
LT001	Lube Tank (Tanque de aceite 1).
DT001	Diesel Tank (Tanque de diésel 1).
RST	Resetear.
cSt	Centistokes.
ppm	Partes por millón.
MC	Muestreo de combustible.
AMC	Análisis de muestras de combustible.
MA	Muestreo de agua.
AMA	Análisis de muestras de agua.
HT	High Temperature (temperatura alta).
LT	Low Temperature (temperatura baja).
Fe	Hierro.
uS/cm	Micro-siemens/cm.

LIE	Límite inferior de inflamabilidad.
LSE	Límite superior de inflamabilidad.
Log	Logaritmo de base 10.

GLOSARIO

Aceite	Líquido graso untuoso de origen vegetal, animal o sintético.
Acidez total	Análisis que se usa para determinar la presencia residual de ácidos minerales y ácidos orgánicos en los aceites.
Ácido	Sustancia química que puede reaccionar con los metales para formar sales y con bases o alcálisis para formar sales mas agua.
Aditivo	Sustancia química que se agrega en pequeñas cantidades a un producto de petróleo para impartir o mejorar ciertas propiedades.
Alcalino	Propiedad de una sustancia, producto o mezcla que le da el carácter químico de base o alcálisis en contraste con un ácido.
AM	Análisis de muestras.
AML	Análisis de muestras lubricantes.
API	American Petroleum Institute. (Instituto Americano de Petróleo).

Asfáltenos	Es una fracción de hidrocarburos de alto peso molecular. Precipitado del producto utilizando nafta.
ASTM	American Society for Testing and Materials. (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales).
ASTM	Procedimientos técnicos bajo estándares internacionales, controlados por la Asociación Americana de Ensayo de Materiales.
Beacker	Vaso para precipitar compuestos químicos.
Bloque	En mecánica, bloque del motor. El cual sin la culata comprende la parte principal del motor.
Bunker	Aceite altamente viscoso, empleado principalmente en combustión industrial para lo cual requiere un buen precalentamiento.
Calidad de combustión	Indica la calidad de la combustión, evaluado en un banco de pruebas de combustión.
Carbono	Elemento no metálico, el número seis en la tabla periódica. Los diamantes y el grafito son las dos formas más puras del carbono. El carbono es un constituyente de todos los compuestos orgánicos.
CE	Control estadístico.

Compatibilidad	La capacidad que tienen los productos del petróleo de formar una mezcla homogénea que no se separa ni se altera por medio de interacción química.
Condensación	Proceso por medio del cual se convierte el vapor en líquido.
Corrosión	Ataque químico a un metal u otro sólido por los contaminantes de un lubricante.
Culata	Pieza metálica que se ajusta al bloque de los motores de combustión interna y cierra el cuerpo de los cilindros.
Degradación	Transformación de una sustancia más compleja a otra más sencilla.
Densidad relativa	También conocida como gravedad específica y se define como la relación de la masa de un volumen dado de un líquido a 15,56 ° C con la masa de un volumen igual de agua pura a la misma temperatura.
Densidad	Razón masa/volumen medida a 15 °C y la unidad de medida es Kg/m ³ .
Dilución	Disminuir la concentración de una disolución añadiendo disolvente.
Disolución	Mezcla que resulta de disolver cualquier sustancia en un líquido.

Emulsión	Dispersión de un líquido en otro no miscible con él.
Enfriador de aceite	Equipo destinado para enfriar el aceite de lubricación de los motores Mak.
Herrumbre	Capa no adherente, friable, que recubre el hierro, no absolutamente puro, expuesto a la acción del aire húmedo; químicamente es óxido férrico hidratado con cantidades variable de carbono básico, la herrumbre corroe el hierro en profundidad.
Hidrocarburo	Compuesto orgánico formado exclusivamente por hidrógeno y carbono. Constituyen el esqueleto fundamental de la química orgánica, porque de ellos por sustitución de los átomos de hidrógeno por átomos o grupos, incluso de otros elementos, pueden obtenerse, por lo menos teóricamente, casi todos los compuestos orgánicos conocidos.
Hollín	Residuo carbonoso derivado de una mala combustión.
Ignición	Reacción química entre el oxígeno y un material oxidable, acompañada de desprendimiento de energía y que habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama.
Inflamable	Que se enciende con facilidad y desprende inmediatamente llamas.

Inhibidor de la corrosión	Aditivo que forma una película para proteger las superficies metálicas lubricadas o de refrigeración por ataque químico por el agua u otros contaminantes.
Inhibidor	Aditivo que mejora el rendimiento de un producto de petróleo por medio del control de reacciones químicas no deseadas.
Insolubles	Prueba de contaminantes en aceites lubricantes usados para detectar presencia de contaminantes.
IR	Interpretación de resultados.
ISO	International Standarization Organization. (Organización Internacional de Estandarización).
KOH	Hidróxido de potasio.
Lubricación	Sustitución de la fricción sólida por la fricción diluida.
M	Muestreo.
ML	Muestreo de lubricantes.
NFPA	National Fire Protection Association. (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego).

Oxidación	Una forma de deterioro químico al cual están sujetos los productos del petróleo, al igual que la mayoría de los demás materiales orgánicos. Sin embargo, la resistencia natural de muchos productos de petróleo a la oxidación es muy elevada.
Pictograma	Signo de la escritura de la figura o símbolos.
Pipa	Tonel o tanque cilíndrico horizontal que sirve para transportar combustibles y otros líquidos.
Punto de escurrimiento	Es la menor temperatura en número múltiplos de 3 °C, en la cual la muestra todavía fluye, cuando es sometida a enfriamiento bajo condiciones sometidas
Reactivo	Sustancia empleada para descubrir y valorar la presencia de otra, con la que reacciona de forma peculiar.
Refinación	Serie de procesos para convertir el aceite crudo y sus fracciones en productos de petróleo terminados.
SAE	Society of Automotive Engineers. (Sociedad de Ingenieros Automotrices).
Sedimento	Materia que, habiendo estado suspensa en un líquido, se posa en el fondo por su mayor gravedad.
Soluble	Que se puede disolver o desleír.

Suavizador	Equipo empleado para el ablandamiento del agua. Elimina en buena cantidad el contenido de calcio y magnesio en el agua.
Toxicidad	Grado de efectividad de una sustancia tóxica.
Viscosidad	Medida de la resistencia a fluir en un fluido. Es la propiedad mas importante de los aceites lubricantes. Se clasifica en viscosidad absoluta y cinemática.
Viscosidad absoluta	La relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de cizallamiento.
Viscosidad cinemática	Viscosidad absoluta de un fluido dividido por su densidad a la misma temperatura de medición.
Volatilidad	Facilidad con la cual una sustancia líquida tiende a pasar del estado líquido al gaseoso, o sea la tendencia de los líquidos a evaporarse.

RESUMEN

La planta de generación de energía (GESUR) fue fundada en 1996, con el objetivo de dar inicio a un proceso de generación de energía para consumo interno; se encuentra ubicada en el kilómetro 30,5 de la carretera al Pacífico, en Amatitlán, Guatemala. Actualmente, la planta se dedica a la generación de energía para consumo interno y externo. La generación de energía se realiza por medio de motores de combustión interna, los cuales emplean bunker para su funcionamiento permanente y diésel para paro por mantenimiento.

Una empresa generadora de energía eléctrica por motores de combustión interna, para que obtenga un rendimiento óptimo en la utilización de sus recursos y en el funcionamiento de los motores, debe estar estructurada de manera que los recursos que se asignen a la realización de análisis en el laboratorio funcionen como sistema, el cual al final produzca un servicio de alta calidad en el que se pueda confiar, para tomar decisiones certeras al momento de proceder a realizar mantenimientos y detección de fallas o averías en los motores y equipos auxiliares.

El diseño del sistema de análisis de laboratorio para combustibles, aceites lubricantes y agua, permite la realización de estudios y análisis minuciosos de las características y propiedades tan variadas que los combustibles, aceites y agua pueden presentar como elementos esenciales para el funcionamiento de los motores. Estas características y propiedades pueden variar desde su manejo, almacenamiento y mas aun durante su uso.

Este diseño del sistema especifica claramente los elementos que lo componen, los pasos que se siguen para la realización de análisis, toma de muestras, puntos estratégicos para toma de muestras, interpretación de resultados, conclusión de resultados, utilización correcta del equipo de laboratorio, entre otros. El diseño del sistema permite tener un mejor control de resultados e interpretación de los mismos; debido a que se describe una buena cantidad de posibles fallas que se puedan presentar ya sea por mal uso del equipo de laboratorio, mala toma de muestras o bien por disminución de propiedades físicas y químicas que puedan presentar el combustible, el aceite y el agua.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de análisis de laboratorio para combustible, aceites lubricantes y agua, que con los elementos que lo componen tenga como fin primero predecir el comportamiento del funcionamiento de los componentes de la maquinaria. Así como, crear una propuesta de un manual de manejo y almacenamiento de combustible y aceite lubricante con el fin de incrementar la seguridad en la planta y reducir accidentes.

Específicos

1. Diseñar rutinas de toma de muestras para el análisis de combustible, aceites lubricantes y agua con el fin de tener un control más estricto respecto a los resultados de los análisis.
2. Crear un inventario técnico del equipo de laboratorio con el fin de facilitarle al analista del laboratorio la ubicación, uso y manejo del equipo.
3. Desarrollar formatos para establecer controles y llevar registros sobre las mediciones que se obtengan luego de los análisis.
4. Determinar los diferentes tipos de análisis que se realizan al combustible, aceites lubricantes y agua por medio de investigación y documentación, así como los métodos y procedimientos a seguir.

5. Desarrollar un método de control estadístico por medio del cual se pueda hacer una comparación entre los valores que se obtienen en los análisis y los valores permisibles de funcionamiento de los motores, para optimizar su funcionamiento.
6. Crear un formato general para llevar un control de la descarga de combustible a los tanques, así como el consumo de combustible de los motores.
7. Determinar las consecuencias que puede causar a la planta y al medio ambiente el mal manejo y almacenamiento de combustible y aceite.
8. Tomar en cuenta todo aspecto técnico y de actualidad para crear confiabilidad en el desarrollo de los análisis.

INTRODUCCIÓN

GESUR es una planta generadora de energía y tiene como negocio principal la generación de energía eléctrica para venta y para consumo propio de la empresa. Está compuesta por tres subplantas Bluref I, Bluref II y GCA; cada subplanta está conformada por motores de combustión interna, los cuales simultáneamente con un generador hacen el trabajo de la generación de energía eléctrica.

La planta generadora forma parte de la industria actual la cual se desarrolla y se expande con base en equipo mecánico, eléctrico y electrónico, lo cual hace pensar que la electricidad es más requerida día con día, por lo que los ingenieros al encontrarse inmersos en el mundo de la generación de energía decidieron optar por motores que operan con diésel y bunker como combustibles, aceite como medio lubricante y agua como medio de refrigeración.

Conforme el aumento de la demanda, se hace necesario que los motores estén disponibles la mayor parte del tiempo; lo que quiere decir que en el menor de los casos los motores deben estar sin operar. Para que esto no suceda el bunker, el aceite, y el agua deben conservar sus propiedades y si no es así reemplazarlos lo antes posible para evitar fallas, averías y paros no programados.

Para lo mencionado anteriormente se ha elaborado el diseño de un sistema de análisis de laboratorio para combustible, aceites lubricantes y agua; esto con el fin de plantear a la empresa el diseño de un sistema que mejore la

imagen del laboratorio dentro de la misma, que colabore con el mejoramiento de realización de análisis el cual permita de acuerdo a resultados, interpretación de resultados y conclusiones, contribuir con el mejoramiento del mantenimiento de motores mediante pruebas y diagnósticos, con lo que se logrará evitar paros no programados y fallas o averías inesperadas en los motores.

La importancia de la realización de los análisis radica en que, con la ayuda de la presentación del informe se pueda establecer en forma precisa una base de interpretación de resultados, que de al Departamento de Mantenimiento y de Operaciones de la empresa una idea de lo que puede representar el operar los motores con propiedades del agua, del aceite y del combustible fuera de sus límites de funcionamiento.

Para realizar un diagnóstico más efectivo, se ha seccionado el trabajo de graduación en varios capítulos, dando inicio con el capítulo 1 que tiene como nombre generalidades de la empresa, el cual ejemplifica la distribución de los puestos de trabajo, historia de la empresa, ubicación y actividades. El capítulo 2 diagnóstico de la situación actual, muestra las técnicas, procedimientos, medidas de seguridad, capacidad instalada, estado del equipo y los métodos actuales para la realización de análisis.

El capítulo 3 es la propuesta del diseño del sistema de análisis de laboratorio para combustibles, aceites lubricantes y agua; el cual se divide en cuatro elementos fundamentales que inicia con la toma de muestras, luego da paso a análisis de las muestras, a la interpretación de resultados, control estadístico de muestras y por último conclusión de resultados; esto para determinar con certeza las posibles causas de presencia de contaminantes, variación en resultados, detección de fallas y averías en los motores.

El capítulo 4 lleva como nombre estimación de resultados esperados del diseño. Este capítulo enfatiza en los resultados de los análisis, de las hojas de control y del control estadístico así como el resultado que se espera del diseño del sistema como conjunto.

En este documento también se plantea otra propuesta y es el capítulo 5, diseño de un manual de manejo y almacenamiento de combustible y aceites lubricantes; el cual permite estudiar y comprender los alcances que puede tener un buen manejo y almacenamiento de estos dentro de la empresa; así también forma parte de este manual, una serie de normas preventivas de seguridad que contribuyen a evitar accidentes dentro de la planta por mal uso de los mismos, con lo que se obtendría una reducción de contaminación al ambiente por derrames y por manejo inadecuado en las descargas.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Historia de la empresa

La planta de generación de energía GESUR se fundó en 1996, tiempo en el que inició el proceso de producción con un solo motor Mak/Caterpillar 8M 552C, con un generador de 5 MW.

Actualmente, la planta se subdivide en tres subplantas, la primera que es la más antigua, denominada Bluref I, consta de dos motores Mak / Caterpillar 8M 552C con capacidad de 5 MW cada motor.

La segunda se denomina Bluref II, inició su funcionamiento en 2001, y consta de dos motores 6 CM 43 con generadores de 5 MW, cuatro motores 9 CM 43 con generadores de 7,5 MW y cuatro motores 12 CM 43 con generadores de 10 MW; lo que hace que produzca un total de 80 MW; próximamente se llevará a cabo el montaje de dos motores 12 CM 43 con generadores de 10 MW cada uno.

La subplanta número tres se denomina GCA, es la más nueva y funciona desde el 2003, consta de dos motores 9 CM 43 Mak/Caterpillar, con generadores de 7,5 MW y produce 15 MW. En forma total actualmente la planta genera aproximadamente 105 MW.

1.2. Descripción y ubicación

La planta en sí, se dedica a la generación de energía eléctrica. Se encuentra ubicada en el kilómetro 30,5 de la carretera al Pacífico, Amatitlán, Guatemala C. A., dentro de un terreno en compañía de otras plantas de textiles que pertenecen al mismo propietario (ver figura 1).

Figura 1. Ubicación de planta generadora GESUR



⊗ Ubicación de la planta generadora

Fuente: biblioteca de consulta Microsoft Encarta.

1.3. Actividades y servicios

GESUR es una planta generadora de energía, la cual tiene como negocio principal la producción de energía eléctrica. La generación de energía se realiza por medio de la operación de motores de combustión interna los cuales emplean bunker para su funcionamiento permanente y diésel solamente para paros por mantenimiento. Estos motores obtienen energía mecánica directamente de la energía química producida por el combustible en uso, que arde dentro de una cámara de combustión, luego esta energía mecánica es transmitida a un turbogenerador el cual la convierte en energía eléctrica para su uso posterior.

Para un funcionamiento eficaz de los motores, se hace necesaria la utilización de equipos auxiliares como bombas, enfriadores de aire de carga, tanques de almacenamiento, separadores de aceite, separadoras de combustible, filtros de aceite y de combustible, viscosímetros, sistemas neumáticos, entre otros. Como medio refrigerante los motores utilizan agua y como medio lubricante aceite.

En su totalidad la cantidad de energía que se genera es distribuida a clientes privados y consumo propio; otra cantidad es entregada a la Empresa Eléctrica de Guatemala S. A., para su posterior distribución. Los consumidores privados están divididos en cuatro bloques de acuerdo a su ubicación, los cuales son:

- Circuito sur I
- Circuito sur II
- Circuito nor-oeste
- Circuito norte

El circuito sur I, lo componen los siguientes clientes privados: Agriplas S. A., Automariscos, American textil (cafetal), Arenas y piedras (Rocamina), Cafetal servicios, Calzado Mamut, Coffelandia, Cursa, Chon Won (Cafetal), Dae Jon, Frutico, Farma textil, finca El Llano, Gasolinera Scott 77, Guayper, Guategrana (Rancho Grande), Grupo Buena (Pacayal), Ingenio Magdalena (Nueva Esperanza), Internacional de Brochas, Kwan Lim (Palín), Knitville, Las Victorias servicio y bombeo, L & J Kniting (Cafetal), Máquinas Exactas (Cafetal), Metacril S. A., Modas Alfa, Modas Amor (Nueva Esperanza), Multimart (proeasa)(Cafetal), Multiperfiles I y II, Palinsa, Proyectos Munir, Proyectos Integrales (Cafetal), Quilubrisa (Disagro).

El circuito sur II, lo componen los siguientes clientes privados: Banrural, Cajas y Cartones, Unitodo, Tejidos Baldosa, Uniplastic, Recsa, Ameth S. A., Calimero, Oheil Trims, Grupo Z (Oficinas), Importadora El Éxito, Infra, Infarma (Farmacéutica Industrial), Lote 29 A, Lote 29 B, La Esperanza, Nobel System (Proquirsa), Notyons Guatemala, Randy Hanger (Pacarsa), Antonio Chan, Rancho Grande, Shin Won, Verace (Cafetal), Zadik, Woo loo textil (Nueva Esperanza), World Fama (Nueva Esperanza), Deroyal (Nueva Esperanza), Jae Sun (Nueva Esperanza).

El circuito noroeste los componen los siguientes clientes privados: Alinsa, A & H, Bayer, Bloteca, Brisas del Sur (Generesa), Comer S. A., Cortes y Metales, Codidema, Didema, Ecotermo, Generesa S. A., Inversiones Monterrey, JK modas, Kwang Lim (Amatitlán), Lote 3 del sur, Transportes M-Tala, Lote 9 del sur (Zisteca), LPM2 (Cortes y Metales # 2), Mil Flores, Reyca, Residenciales Los Espárragos, Tappan, Turicentro La Ceiba, Vivero las Bugambillas. El circuito norte lo componen los siguientes clientes privados: Exporcafé, Valle de la Mariposa, Mil Flores # 2.

Debido a la naturaleza de los consumidores de esta planta de generación, dentro de los que se pueden mencionar residenciales, turicentros, fábricas y algunos sectores de Amatitlán y Palín, se hace evidente la necesidad de laborar 24 Hrs por día, por lo que se emplean dos turnos de 12 Hrs cada uno, para poder suministrar energía eléctrica, tanto para procesos laborales como para comodidad y alumbrados habitacionales.

1.4. Visión y misión

La visión y misión de la empresa se describen a continuación:

- **Visión**

“Ser líderes reconocidos en el área de generación de energía, participar en los mercados y aplicaciones en donde se logre una posición de liderazgo y de alta participación de mercado que permita alta rentabilidad sostenida, que satisfaga las necesidades de nuestros clientes, protegiendo el medio ambiente y apoyando el mejoramiento de nuestros trabajadores”¹.

- **Misión**

“Ser una de las plantas energéticas de mayor importancia mediante un servicio sin fronteras y de alta calidad”².

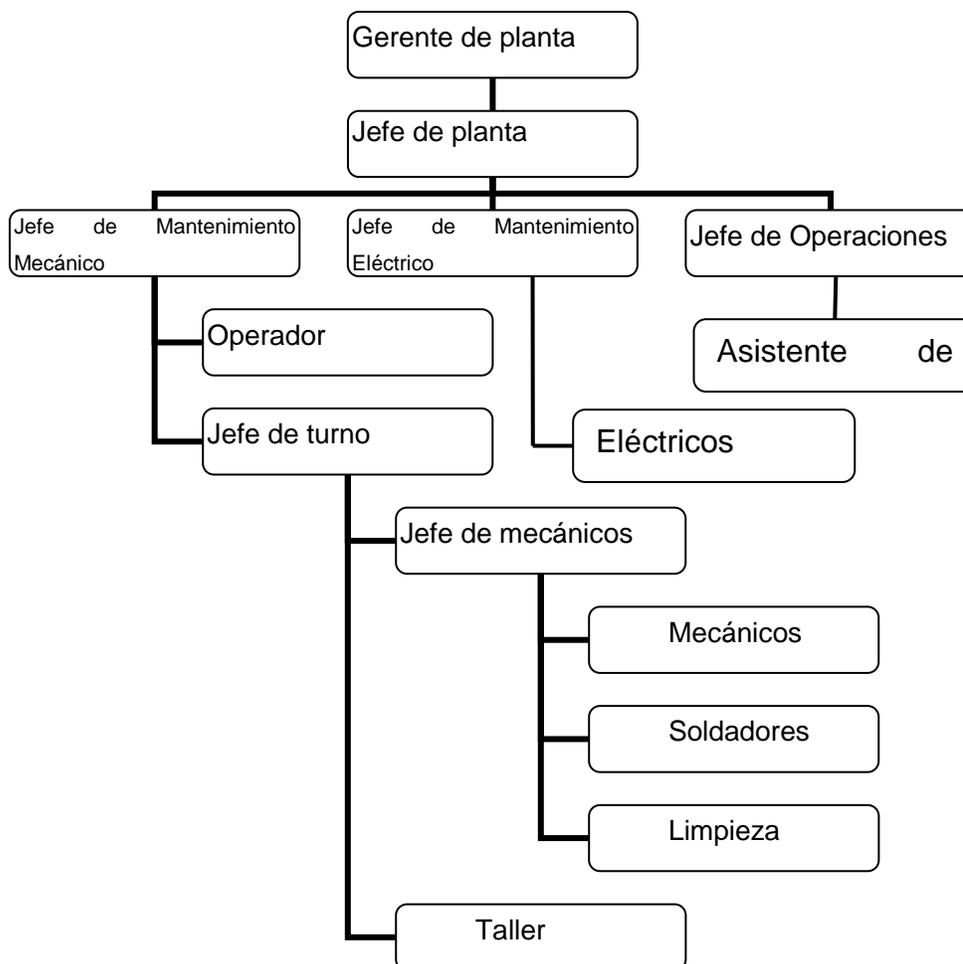
¹ Lic. Villagrán. Jefe del Departamento de Personal. Textiles del Lago, 2006. Comunicación personal.

² Op. Cit.

1.5. Estructura organizacional

Los recursos humanos, financieros y equipos de la planta generadora se dirigen y controlan con base en una estructura organizacional definida (ver figura 2).

Figura 2. Organigrama de la empresa



Fuente: elaboración propia.

La generadora cuenta con un gerente de planta que se encarga de todo lo relacionado con el funcionamiento de la planta y además de proyectos y montajes de nuevos equipos, así como de tareas administrativas.

Un jefe de planta que es el encargado de la organización, planificación, dirección y control de las tareas de mantenimiento en general, un jefe de Mantenimiento Mecánico, uno de Mantenimiento Eléctrico y un encargado del área de operaciones de la empresa. Las tres subplantas están bajo la supervisión de cada uno de ellos.

Se cuenta con dos equipos de trabajo, en cada uno de los cuales existen jefes de turno, uno para la planta número 1 y otro que cubre las plantas 2 y 3; de la misma forma se distribuyen los operadores que son los encargados de monitorear y velar para que el funcionamiento de los motores utilizados para que la generación de energía, sea bajo las condiciones adecuadas y se cumpla con los requerimientos necesarios para el proceso de generación.

En cada una de las tres plantas existe un jefe de mecánicos que es el encargado de asignar, dirigir y controlar las tareas de mantenimiento con los mecánicos encargados de cada uno de los motores que se encuentran instalados en ellas (ver figura 3). También se cuenta en cada una de las tres plantas con una persona encargada de las tareas de soldadura, otra para las tareas relacionadas con electricidad y una para limpieza.

Figura 3. **Planta generadora**



Fuente: Carretera al Pacífico, Amatitlán.

Existe un mecánico asignado a cada uno de los motores y es el encargado de la supervisión del mismo, tomando lecturas tanto de presiones y temperaturas en varios puntos específicos del motor, así como en los equipos complementarios cada dos horas. Los niveles de los tanques de aceite lubricante y conteo de ciclos de limpieza, presión de aire y temperatura del filtro automático de bunker se realizan cada hora.

El soldador asignado a cada planta se encarga de reparaciones o montajes de piezas donde sea necesaria su intervención; la persona de limpieza se encarga de todas las tareas relacionadas con su puesto. El electricista asignado se encarga de mantenimiento de equipo eléctrico y electrónico, generador, así como de conexiones y desconexiones de energía a equipos electromecánicos, para su montaje o desmontaje.

De la misma forma que en todas las empresas y plantas de producción el recurso humano es el de mayor importancia, debido a que sin él es imposible llevar a cabo los procesos de producción.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Diagnóstico general

Las actividades en el laboratorio están enfocadas principalmente para las operaciones de la planta generadora de la empresa, todo esto con un solo objetivo; que el equipo opere dentro de los rangos permisibles de funcionamiento, alcanzando así su potencial de rendimiento proyectado y de esta forma evitar paros imprevistos.

El laboratorio forma parte del proceso de generación de energía de la empresa, por lo que debido a su importancia dentro la misma, se está tomando en cuenta como parte de la reestructuración general y debido a esto se realizó un análisis FODA (ver tabla I) para el diagnóstico general de la empresa.

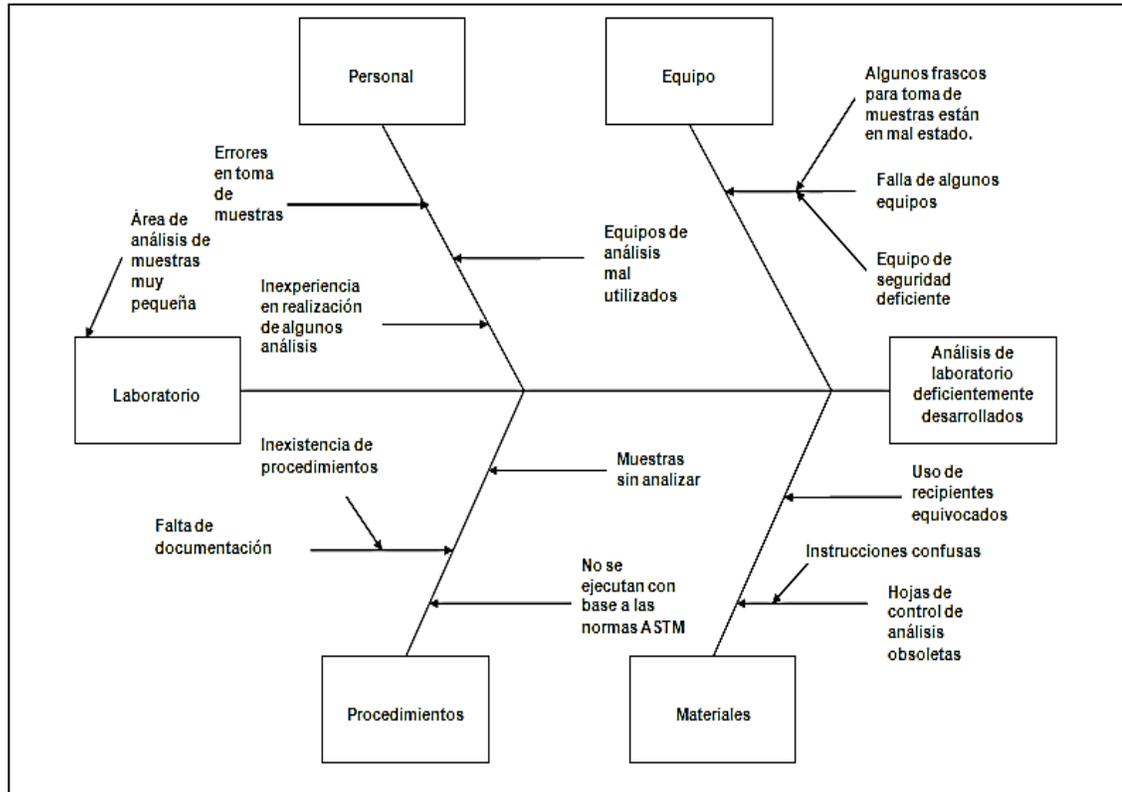
Tabla I. Diagnóstico de la empresa

FODA DE LA EMPRESA	
<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejora continua en procesos y calidad total. • Cuenta con gran cantidad de personal capacitado y con experiencia. • Cuenta con equipo de instrumentación y automatización totalmente computarizado. • Ambiente de trabajo agradable. • Crecimiento del personal dentro de la empresa. • Instalaciones adecuadas para el desarrollo de las actividades y tareas asignadas. • Recursos financieros adecuados. • Buena imagen ante el mercado. • Reconocido líder en el mercado. 	<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presta importancia a grupos adicionales de clientes. • Facilidad de ingreso a nuevos mercados o segmentos. • Facilidad de expansión en venta de energía eléctrica. • Crecimiento rápido en el mercado. • Creciente poder de negociación de clientes y proveedores.
<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • El laboratorio no cuenta con un sistema de análisis de métodos y procedimientos para el análisis de agua, lubricantes y combustibles. • No existe ningún manual con procedimientos de manejo y almacenaje de combustibles. • Inexistencia de programas de seguridad industrial. • Las áreas de investigación y desarrollo no poseen métodos y procedimientos adecuados para realizar análisis. 	<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Competencia desleal en relación a precios de energía por parte de compañías rivales. • Requisitos reglamentarios costosos con relación a expansión de venta de energía eléctrica. • Facilidad de ingreso de competidores foráneos con costos de operación menores.

Fuente: Carretera al Pacífico, Amatitlán.

Es importante destacar que este diagnóstico sirvió para realizar una evaluación profunda dentro de la empresa. También se realizó un diagrama causa y efecto (ver figura 4) para el diagnóstico del laboratorio, el cual contribuyó en forma significativa a la determinación de las causas reales de la problemática.

Figura 4. Diagrama causa y efecto del laboratorio



Fuente: Carretera al Pacífico, Amatitlán.

Las causas reales de la problemática son:

- No se cuenta con un sistema de análisis de laboratorio con métodos y procedimientos, por medio del cual se puedan realizar análisis de forma técnica y bajo lineamientos establecidos.
- No existe una guía que describa con claridad las medidas de seguridad para tomar en cuenta en el uso de reactivos.
- Las hojas de control de análisis no detallan a 100 % la descripción de los análisis que se realizan.

- No existen rutinas descritas en las cuales se mencione las actividades a realizar.
- Falta de documentación sobre los análisis que se realizan.

2.1.1. Método actual de realización de análisis

Haciendo un enfoque general, los análisis que se realizan actualmente en la planta generadora, tratan de ejecutarse con base en métodos y procedimientos certificados por las norma ASTM, con la diferencia de que en la mayoría de los casos no se apegan a estos estándares debido a que la documentación y la información existente, no es lo suficientemente clara para poderse llevar a cabo o en la mayoría de los casos no se cuenta con ella.

Todo esto provoca errores en la toma de las muestras, errores al momento de realizar los análisis, falta de criterio de parte del analista para tomar decisiones, hacer un diagnóstico, concluir y tomar decisiones al finalizar los análisis. En fin, certeza nunca se tendrá en este tipo de resultados que puedan dar los equipos debido a que veces las decisiones y los análisis realizados son correctos y a veces no.

2.1.1.1. Análisis de combustible

Los análisis que se realizan actualmente al combustible (bunker) son: análisis de viscosidad, de insolubles, de densidad, de *pour point*, de compatibilidad y análisis de CCAI; cada uno de estos análisis son realizados con la ayuda de equipo especial como lo son: viscosímetro, medidor de densidad, consola para medir insolubles, medidor de compatibilidad y el CCAI cuyo análisis respectivo se realiza con el medidor de densidad o por medio de un programa especial que hay en existencia actualmente en la empresa. Cada

uno de los equipos mencionados anteriormente está debidamente calibrado y cuentan con un programa de calibración establecido.

2.1.1.2. Análisis de aceite lubricante

El equipo utilizado actualmente para la realización de los análisis de aceite lubricante son: viscosímetro, consola para medir insolubles, consola para medir TBN, consola para medir TAN, medidor de densidad y consola para medir contenido de agua; este equipo empleado está debidamente calibrado. Los análisis que se realizan para el aceite lubricante son: análisis de viscosidad, análisis de TBN, análisis de TAN, análisis de insolubles, y análisis de contenido de agua.

2.1.1.3. Análisis de agua

El análisis de agua juega un papel sumamente importante dentro del funcionamiento del sistema de refrigeración de todo el equipo, por lo que actualmente en la generadora se lleva un control de análisis de agua de: contenido de nitritos, pH, de dureza, de conductividad y de hierro. Todo esto con un solo objetivo, que los motores y equipos auxiliares funcionen de acuerdo a las especificaciones propuestas por el fabricante y que de acuerdo a este funcionamiento óptimo los motores operen sin fallas.

El laboratorio de la generadora cuenta con el equipo necesario para la realización, de cada uno de los análisis que se describieron anteriormente con la única diferencia de que en la mayoría de los casos no se realizan basados en métodos y procedimientos definidos y específicos, lo cual provoca toma de muestras, análisis, diagnósticos e interpretación de resultados equívocos.

2.1.2. Comentarios acerca de los métodos de análisis empleados

Desde el punto de vista de la empresa los comentarios son los siguientes:

- La empresa inminentemente corre el riesgo de indisponibilidad en los motores por emergencia o falla, y esto incurre en un costo de producción indisponibilidad y tiempo de ocio para el operador de la misma; lo cual ocasiona pérdidas inesperadas.
- La confiabilidad, utilización y vida útil de los motores se acortan por falta de análisis hechos con base en métodos y procedimientos apropiados y toma de dediciones equívocas al interpretar resultados. Alargar la vida útil de los motores significa minimizar costos de mantenimiento a mediano y largo plazo.
- Debido a que en su mayoría la toma de muestras, análisis, interpretación de resultados y toma de decisiones no se realizan con base en un método científico de investigación, no puede considerarse aceptables las interpretaciones de los resultados, lo que provoca ineficiencia de los análisis por parte del analista y cero protección a la alta inversión que se tiene en los motores.
- El alto desgaste desajusta los movimientos de las piezas y esto provoca una disminución en la producción de energía esperada.
- La empresa, por no tener un sistema de análisis de aceites lubricantes, agua y combustible en el laboratorio; está prestando un servicio regular,

y corre el riesgo de incurrir en gastos innecesarios por paros imprevistos de los motores, lo que ocasionaría pérdidas.

- Los motores corren el riesgo de no ser reparados en el momento que lo necesitan.
- Las reparaciones de emergencia son más costosas que las reparaciones planificadas.

2.1.3. Medidas de seguridad actuales

Las medidas de seguridad actuales en el laboratorio muestran algunas falencias; debido a que los análisis se realizan sin equipo de protección personal, tales como batas, guantes y mascarillas, lo cual dificulta y provoca en el analista cierto temor al realizar los análisis al no saber de los reactivos y químicos con los que está tratando, lo que incita de cierta manera a una ineficiencia en la realización de los análisis.

En el laboratorio no existen recipientes especiales para los desechos de las muestras, guías que detallen el uso de reactivos, no se cuenta con normas de seguridad y trabajo, ni con medidas de seguridad en técnicas y trabajos especiales que se realicen o se puedan realizar, no hay documentación que detalle las medidas básicas en la manipulación de reactivos, ni rótulos preventivos relativos a la seguridad de las personas y los bienes.

2.1.4. Definición del problema

La empresa, debido a su dimensión y diversidad de áreas en las que se aplican las ramas de la ingeniería, la hace no ser capaz de asesorar completa y

profesionalmente al personal del laboratorio, por lo que se arriesga a tener pérdidas; esto debido a la realización de procedimientos inadecuados en los análisis.

La falta de una buena asesoría implica para la empresa y para el analista que es el responsable de la interpretación de resultados, que los motores no estén dentro de un plan de mantenimiento con respecto al aceite que los lubrica, el agua que los refrigera y el bunker que es el medio combustible por el cual funcionan los motores, lo que induce a que los motores a la larga no operen dentro de los rangos permisibles de funcionamiento especificados por los fabricantes, incurriendo en costos excesivos de mantenimiento de averías y emergencias, y provocando que la vida útil de los motores se acorte pudiendo ser prolongada.

Esto dio motivo a que el laboratorio formara parte de la reestructuración general de la empresa, lo que incitó al diseño de un sistema de análisis de laboratorio para combustible, aceites lubricantes y agua, con el cual se puedan realizar muestreos, análisis, diagnósticos, controles estadísticos de muestras, interpretación de resultados y conclusión de resultados en forma eficaz, eficiente y bajo normas y procedimientos establecidos. Diseño del sistema que con la interpretación y conclusión de resultados puede también servir de ayuda al Departamento de Mantenimiento, para que con base en esa interpretación y conclusión de resultados, puedan desarrollar un programa de mantenimiento adecuado.

2.2. Administración de las operaciones

El desarrollo de operaciones, debido a la reestructuración de la empresa está siendo organizado de manera que se obtenga el rendimiento óptimo de los

recursos asignados a las actividades de operación; la administración de operaciones es una herramienta que toma en cuenta diferentes áreas de una empresa para unirlos y hacer que funcionen como sistema, el cual debe producir al final un bien o servicio como es el caso del laboratorio de la empresa, cuyo producto final es el servicio de análisis de aceite lubricante, combustible y agua que pretende brindar por medio del diseño del sistema propuesto.

2.2.1. Calidad en los análisis

El recurso humano como elemento esencial en la realización de los análisis, tiene asignadas atribuciones y responsabilidades para el cumplimiento y mantenimiento del equipo con el que cuenta el laboratorio, esto con el objetivo de desarrollar sus actividades acorde a lo que se necesita, lo podrá realizar solo si está toda la información a su alcance.

El laboratorio no cuenta con un sistema de análisis el cual especifique funciones, análisis, procedimientos, equipo, medidas de seguridad, cuadros de control de resultados, rutinas para toma de muestras, diagramas o ilustraciones que identifiquen los puntos para toma de muestras, entre otros. Por eso es que no se puede decir que la calidad esta presente en los análisis realizados, debido a que para que exista deben estar especificadas y documentadas todas y cada una de estas partes mencionadas.

2.2.2. Manejo de personal

El laboratorio está integrado por personal calificado y entrenado para realizar con responsabilidad y conciencia los controles y análisis asignados. El personal debe estar bien concientizado de la importancia de realizar todos los

procedimientos y métodos, según como se estipulen en el diseño, para que de esta forma se garantice la calidad de los análisis realizados.

El recurso humano de la empresa que desarrolla sus actividades en el laboratorio, cuenta con la descripción en cada puesto de las atribuciones y responsabilidades que debe cumplir para la operación eficiente del mismo. Los puestos son los siguientes:

- Supervisor de laboratorio: en su caso el encargado del Área de Operaciones de la empresa, tiene la responsabilidad del control de calidad de todos los insumos y productos del laboratorio sirviendo de apoyo a la detección de los productos no conformes. Identificar las necesidades de inspección y equipos necesarios para efectuar las actividades de verificación y control; además, debe supervisar las pruebas de inspección y ensayo durante los análisis. Asimismo, es el encargado de garantizar el correcto funcionamiento de los instrumentos de análisis.
- Asistente/analista de laboratorio: es el responsable de realizar las pruebas de inspección y ensayo en el recibo de bases y aditivos; además, es el que ejecuta los análisis de aceite lubricante, combustible y agua; para determinar si estos se encuentran dentro de las especificaciones.

Debido a la reestructuración de la empresa, existe un programa de entrenamiento de personal que cuenta con los mecanismos adecuados para suministrar formación y capacitación adecuada; el programa de entrenamiento se orienta a las siguientes actividades: conocimiento de normas de seguridad, procedimientos de laboratorio, seguridad en el laboratorio, conocimiento de

productos y equipo especial de laboratorio para diversos análisis; lo que se pretende lograr es que el recurso humano del laboratorio cuente con experiencia y conocimientos adecuados para desarrollar su trabajo.

2.2.3. Influencia de los análisis en las operaciones de la planta

La buena realización de los análisis basados en métodos y procedimientos establecidos, influyen grandemente en la eficacia de las operaciones de la planta, ya que de los resultados que se obtengan, si son confiables, la planta operará sin contratiempos, ahora bien si no lo son la planta entrará en una fase de desequilibrio que puede provocar pérdidas.

Los buenos resultados y una buena interpretación, permitirán predecir el comportamiento del funcionamiento óptimo de los motores, para así poder tomar decisiones que reduzcan tiempo y costo; esta metodología es bien aceptada ya que se obtiene un beneficio máximo de los recursos.

2.2.4. Descripción de cobertura de análisis

El laboratorio está diseñado para prestar el servicio de análisis de aceites lubricantes, combustibles y agua, para el control adecuado del funcionamiento de los motores. Estos análisis solamente se realizan al aceite en condiciones específicas de operación, al combustible en la descarga y antes de su consumo y al agua antes de su utilización como medio refrigerante de los motores y durante las condiciones específicas de operación; todo esto se ejecuta con el objetivo de determinar posibles fallas en cualquiera de los sistemas de los motores, como lo son: sistema de combustible, sistema de lubricación y sistema de enfriamiento.

2.2.5. Capacidad instalada

El laboratorio cuenta con un total de 86 equipos para el proceso de análisis de aceites lubricantes, combustible y agua; equipo suficiente para poder llevar a cabo eficazmente los análisis (ver tabla II).

Aquí se describe claramente cada uno de los equipos con los que se cuenta en el laboratorio así como también el código del equipo, la cantidad disponible por equipo, la marca, el modelo, el año de fabricación y el número de serie. Del equipo disponible no todos cuentan con las características descritas anteriormente debido al tiempo que tienen de haberse adquirido. Estas características son de mucha importancia debido a que al momento de realizar calibraciones o reparaciones en los equipos; se tiene una mayor facilidad tanto para un recalibración como para adquisición de repuestos.

Con el equipo que se describe en la tabla siguiente, se tiene la capacidad de realizar los siguientes análisis.

En aceite: viscosidad a 40 °C, densidad, insolubles, contenido de agua, TAN y TBN.

En bunker: viscosidad a 50 °C, densidad, *pour point*, insolubles, compatibilidad y CCAI.

En agua: pH, dureza, conductividad, contenido de nitritos y hierro. También hay equipo disponible para la toma de muestras tanto para aceite, combustible y agua.

Tabla II. Inventario de equipo de laboratorio

Equipo	Código	Cantidad	Marca	Modelo	Año Fabricación	No. Serie
Espectrofotómetro	2561	1	Betz Dearborn	DR 2010	2000	49350-60
Consola	2562	1	Kittiwake	AS-k1-101	2000	1559
Viscosímetro	2563	1	Kittiwake	A3-K3-013KW	2000	1682
Medidor de densidad	2564	1	Kittiwake	AS-K1-301	2000	1342
Medidor de compatibilidad	2565	1	Kittiwake	AS-K1-501	2000	1811
Medidor de conductividad	2566	1	Myron L	?	2000	406578
Hidrometro	2567	1	Kittiwake	K3-014	2000	1111
Hidrometro	2568	1	Kittiwake	K3-015	2000	1111
Hidrometro	2569	1	Kittiwake	K3-016	2000	1111
Matraz Erlen Meyer 250 ml	2570	1	kimax	?	?	26500
Matraz Erlen Meyer 250 ml	2571	2	Pirex	?	?	4980
Matraz Erlen Meyer 1000 ml	L-201	1	Kimax	?	?	5100
Matraz Erlen Meyer 1000 ml	L-237	1	Kimax	?	?	5100
Beacker 100 ml	2572	2	Kimax	?	?	4980
Beacker 100 ml	2573	2	Kartell	ISO 7056	?	?
Tubo de ensayo 10 ml	2574	3	Kittiwake	?	?	?
Estuche con equipo para medir TAN	2575	7	Kittiwake	FG-K1-005-KW	?	?
Estuche con equipo para analizar aceite	2576	2	Signum	?	?	?
Kit de accesorios para medir compatibilidad	2577	1	Kittiwake	?	?	?
Medidor de temperatura para líquidos	2578	1	Oakton	?	2000	?
Frasco para analizar TBN	2579	1	Kittiwake	?	2000	?
Frasco para analizar insolubles	2580	1	Kittiwake	?	2000	?
Frasco para analizar agua en aceite	2581	1	Kittiwake	?	2000	?
Juego de pipetas	2582	1	Kittiwake	?	?	?
Colador	2583	1	Kittiwake	?	?	?
Fascos para analisis de muestras 25 ml	2584	8	kittiwake	?	?	?
Jeringas 5, 10, 20 ml/cc	2585	4	?	?	?	?
Estuche de químicos y probeta	2586	1	Dewt-Nc	?	2000	0302-01-8
Juego de goteros	2587	1	?	?	?	?
Bureta automática 25 ml	2588	1	Marienfeld	?	2000	?
Bureta automática 10 ml	2589	1	Marienfeld	?	2000	?
Beacker 10/0.2 ml	2590	1	?	?	?	?
Probeta 85 ml	2591	1	Transport-Plus	?	?	?
Fascos para toma de muestras	2592	32	?	?	?	?

Fuente: hoja de inventario bodega Liztex S. A.

2.2.6. Estado actual del equipo

Todo el equipo de laboratorio se encuentra en perfectas condiciones para poder realizar los análisis. El buen estado del equipo de laboratorio se debe a que se cuenta con un programa de calibración anual lo cual hace que el equipo se encuentre en constante inspección después de un largo tiempo de uso. Esto se hace para evitar fallos inesperados, lo cual puede causar detención de todo un proceso, pudiendo provocar gastos muy elevados; así como también la pérdida o el seguimiento del control de determinado motor o equipo.

2.3. Diagnóstico general del área de almacenaje de combustible y aceite lubricante

Las actividades en el área de almacenaje de combustible y aceite lubricante están orientadas principalmente al área de operaciones de la empresa; ya que aquí se encuentra almacenado el combustible (bunker) que se utiliza para el funcionamiento de los motores y el aceite que se emplea como medio lubricante para las partes internas en movimiento de los motores.

Debido a la importancia que conlleva tanto para la empresa como para el personal que en ella labora y la protección que se hace necesaria para el medio ambiente; se procedió a realizar para el diagnóstico general del área un estudio cualitativo de las fortalezas y debilidades de la empresa entrevistando directamente al personal y por observación directa de las instalaciones y equipos. Los resultados obtenidos de forma breve son los siguientes (ver tabla III). Esta tabla muestra las características de dicha área, su aprobación y negación con un sí y un no; y las observaciones necesarias a tomar en cuenta para su posterior análisis.

Tabla III. **Diagnóstico situación actual área de almacenaje bunker y aceite lubricante**

Características área de almacenaje	Si	No	Observaciones
Presión de vapor en tanques entre 60 y 260 psi	X		
Información de seguridad del tipo de combustible almacenado en tanques	X		Se cuenta con la información; solo que no se cumple con dársela a conocer a los operarios.
Compresores, bombas, tuberías y conexiones en buen estado	X		
Equipo y dispositivos de seguridad en las cisternas	X		Hay cisternas que no cumplen con todo el equipo y dispositivos requeridos.
Cuenta con equipo contra incendios (extintores rodantes, bombas de agua contra incendio, monitores, pitones de chorro niebla, espuma contra incendios), en buen estado	X		
Cuenta con equipo principal y auxiliar de sistemas de prevención, recuperación y tratamiento de derrames de combustibles	X		
Programas de capacitación al personal sobre cuidados ambientales		X	No se capacita constantemente al personal de la planta en temas ambientales.
Ubicación, dimensiones de los tanques, distancia entre tanques, de acuerdo a los reglamentos	X		
Cuenta con manual que describa claramente procedimientos del manejo y almacenamiento de combustibles		X	No se posee ningún manual el cual detalle con claridad el procedimiento y las normas de seguridad a seguir durante el trasiego y la descarga de combustibles.
Cimientos y tanques en buen estado	X		
Los accesorios de los tanques están clasificados para soportar las presiones de trabajo	X		
Las tuberías están debidamente marcadas aceite térmico y líquido	X		
Existen fugas en las conexiones		X	
Están en buen estado los manómetros, indicadores de nivel, termómetros	X		Hay tanques que cuentan con parte de este equipo en mal estado.
Las válvulas de seguridad están en buen estado	X		
Cumplimiento con las disposiciones legales	X		
Medidas de seguridad ambiental industrial	X		
Pasarelas y escaleras en buen estado	X		
En zonas de trasiego se emplean las mangueras correctas. Están en buen estado	X		En existencia hay mangueras que presentan deterioro y necesitan ser reemplazadas.
Rótulos de medidas de seguridad, ubicados en lugares estratégicos	X		Existen rótulos de seguridad que no se encuentran bien ubicados.
Programas de capacitación al personal sobre la importancia del uso del equipo de protección personal		X	No se hace conciencia sobre la importancia y el daño que puede provocar el no utilizar el equipo de protección personal.

Fuente: elaboración propia.

El área de almacenaje forma parte también de la reestructuración general de la empresa por lo que muchas de las falencias que se observaron en el diagnóstico ya están siendo tomadas en cuenta; dándose como primer paso las capacitaciones al personal de operaciones de descarga de combustibles.

2.3.1. Ubicación dentro de la institución

El área de almacenaje se encuentra perfectamente ubicada dentro de la empresa ya que las distancias existentes entre tanques, medidas de construcción, materiales empleados para su construcción, bodegas, oficinas, y áreas de descarga están bien definidas y basadas en lo que establece la Ley de comercialización de hidrocarburos y su reglamento general.

El terreno sobre el cual se encuentran ubicados los tanques están aproximadamente a 100 mts. De distancia del punto de ubicación del cuarto de motores, distancia mínima que exige el reglamento general, mismas distancias que también se mantienen respecto a la ubicación de oficinas. Para una mejor comprensión (ver figura 5, 6, 7) se detalla claramente los tanques de almacenaje de combustible, aceite y diésel; los tanques de bunker se identifican fácilmente por la capacidad de almacenaje y por el color con el que están pintados (color negro), los tanques de almacén de aceite son de menor capacidad y el color que los identifica es el amarillo; por último los tanques de diésel están pintados de color gris claro y su posición respecto a los otros tanques de almacén es horizontal.

Figura 5. **Tanque de almacén de bunker**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

Figura 6. **Tanque de almacén de aceite**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

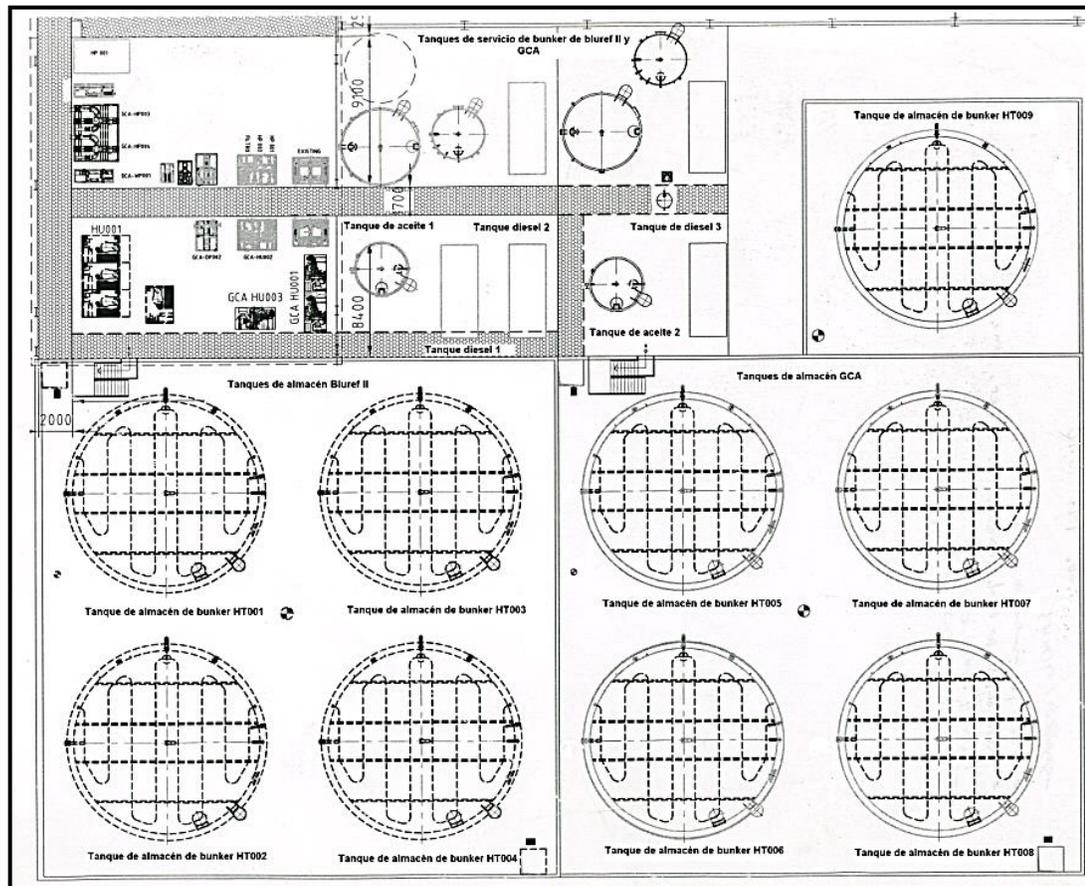
Figura 7. **Tanque de almacén de diésel**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

Luego de manifestar una idea clara de lo que son en sí los tanques del área de almacenaje de la empresa; se muestra a continuación un plano (ver figura 8) que detalla con claridad la ubicación y la distribución de los tanques del área de almacenaje. El plano especifica la cantidad de tanques de almacén de bunker, diésel y aceite con los que cuenta la empresa así como su capacidad de almacenaje.

Figura 8. **Plano de ubicación y distribución tanques de almacén**



Fuente: planos de diseño, Liztex S. A.

Como se observa en el plano (ver figura 8), los tanques de almacén de bunker están distribuidos del tanque 1 al tanque 4, como tanques pertenecientes a Bluref II y tanques del 5 al 8 como tanques de GCA, se cuenta con un tanque 9 y este pertenece a Bluref y solamente se utiliza cuando ya no hay capacidad de almacenaje en los otros tanques; la capacidad de almacenaje de cada tanque es de 250 000 gls. Se identifican con las siglas HT001 y así ordenadamente hasta llegar al tanque HT009. Existen también tres tanques de servicio los cuales almacenan el combustible ya tratado que va a los motores.

Los tanques de aceite son tres y cada uno tiene capacidad de almacenar 10 000 gls. Estos tanques se identifican con las siglas LT001, LT002 Y LT003; el color de identificación es el amarillo. Los tanques de diésel son tres; dos abastecen de combustible a los motores que se encuentran en Bluref II y el otro abastece de combustible a los motores que se encuentran en GCA, se identifican por su color gris claro y con las siglas DT001, DT002 y DT003.

El área de almacenaje de combustible también cuenta con tanques de lodos de aceite y de petróleo; que sirven como tanques de almacenaje de todos los sedimentos, incrustaciones y agua que pueda tener tanto el aceite y el bunker durante el tratamiento que se les da previo a su utilización en los motores.

2.3.2. Medidas de seguridad actuales

Las medidas de seguridad actuales en el área de almacenaje según los resultados del diagnóstico revelaron como punto principal y a tomar en cuenta, que en esta área de la empresa los procedimientos para la descarga de combustibles no se realizan con las debidas medidas de seguridad y algunos de los procedimientos que se realizan no son bien ejecutados.

En algunos casos los operarios realizan las descargas sin equipo de protección personal, esto debido a la falta de motivación de parte de la Gerencia para incitarlos al uso del equipo y de la importancia que conlleva para su bienestar personal. De las cisternas que transportan el combustible no todas cuentan con equipo de seguridad requerido, los rótulos de seguridad y el equipo contra incendios tienen ubicaciones no adecuadas y por último una parte del equipo empleado para las descargas como mangueras, sensores, manómetros se encuentran en mal estado.

2.3.3. Estado actual del área de almacenaje

El área de almacenaje de combustible representa una parte importante dentro de la empresa, ya que de un buen manejo y almacenaje de los combustibles depende el funcionamiento óptimo del equipo que opera en la empresa. El utilizar procedimientos adecuados y aplicar las medidas preventivas de seguridad según sea el caso, dará como resultado el prevenir y reducir accidentes dentro de la planta, dando así un incremento en la seguridad laboral de los operarios, evitar derrames y contaminación al medio ambiente dando paso así al cumplimiento con la ley ambiental.

De todas las características que dieron paso a la realización del diagnóstico; una es la que realmente muestra el estado actual de esta área. En el área no se cuenta con un manual de procedimientos que describa, delimite y de a conocer objetivamente los pasos a seguir para el manejo y almacenamiento de combustible; medidas preventivas de seguridad escasas y algo muy importante la falta de conocimiento de parte de los operarios son otros factores que dan partida a la creación de esta propuesta.

3. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA COMBUSTIBLE, ACEITES LUBRICANTES Y AGUA

Se toma como punto de partida el conocimiento del equipo de laboratorio, los procedimientos del manejo del equipo en forma general y las medidas de seguridad en el laboratorio para el manejo de reactivos, luego dando paso a la creación del diseño del sistema.

El agua y los aceites usados de los motores deben ser sometidos a ciertas pruebas de análisis, con el propósito de determinar si están en condiciones de seguir prestando servicio o bien si están contaminados, y si es así, determinar la naturaleza de los contaminantes o posible desviación de algunos resultados. En el caso del bunker como combustible sucede lo mismo, solo que con la diferencia de que las pruebas se realizan antes de su uso y no durante su uso como sucede con el agua y el aceite; esto debido a que el bunker por ser la fuente de combustible, solamente se puede analizar antes de su utilización en los motores, para poder así hacer una comparación real entre las propiedades físicoquímicas del combustible que los motores necesitan, según las especificaciones de fábrica para su funcionamiento y el combustible que se pretende emplear, todo esto para evitar fallas en el sistema de combustible y demás sistemas.

Para todo lo anteriormente descrito se deben obtener muestras de los sistemas de refrigeración, lubricación y combustible de los motores; y enviarse al laboratorio con el fin de poder analizarlas, interpretar resultados de los análisis y tomar las medidas adecuadas, o sea, retirar o dejar que tanto el

aceite, agua y combustible sigan prestando servicio según sus condiciones, o en caso de que estén presentes contaminantes, conocida su naturaleza, poder localizar la fuente de donde provienen y reparar.

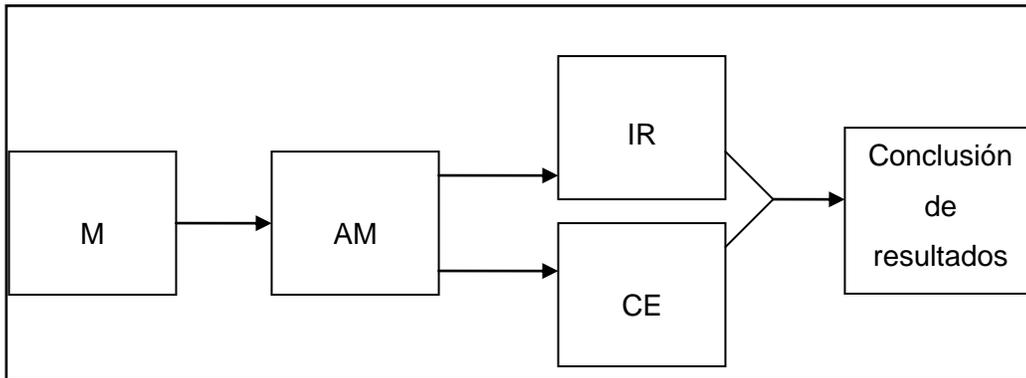
De acuerdo al problema que se definió en el inciso 2.1.4 del capítulo anterior, se propone diseñar un sistema de análisis de laboratorio para combustible, aceite lubricante y agua, en la planta de generación de energía, que dará como resultado brindar una asesoría completa y profesional tanto al personal del laboratorio como al personal de mantenimiento, y así, alargar la vida útil de la maquinaria.

Un sistema es un conjunto de elementos organizados que se encuentran en interacción, que buscan alguna meta o metas comunes, operando para ello sobre datos o información sobre energía o materia u organismos en una referencia temporal para producir cómo información, energía, materia u organismos.

En el sistema propuesto, los elementos que lo componen son los siguientes (ver figura 9):

- Muestreo (M)
- Análisis de muestras (AM)
- Interpretación de resultados (IR)
- Control estadístico de muestras (CE)
- Conclusión de resultados

Figura 9. **Esquema del sistema de análisis de combustible, aceite lubricante y agua**



Fuente: elaboración propia.

El esquema diseñado tiene como entrada de datos las muestras de aceite, bunker y agua; luego se necesita de procedimientos específicos e instrumentos de laboratorio para la determinación de análisis, después del análisis se requiere de información acerca de los motores que se están analizando, como datos metalúrgicos, aceite recomendado por el fabricante, propiedades fisicoquímicas del combustible a emplear según lo referido por el fabricante, tiempo de operación, entre otros, todo esto para lograr una buena interpretación de resultados de los análisis. También, después de los análisis se registran los resultados en las hojas de control y se pasa a la elaboración de los gráficos de control estadísticos que se tienen por motor, para llevar un monitoreo y así predecir fallas a tiempo en los motores.

Con una buena base para la interpretación de resultados y los gráficos de control terminados, se procede a analizar las posibles causas de las variaciones en los resultados obtenidos y se concluye para determinar claramente la posible falla en los motores. Esta conclusión de resultados se

lleva al encargado o jefe de Mantenimiento que según lo concluido ejecuta y lleva a cabo acciones para prevenir una avería en el equipo.

De esta manera el sistema tiene como datos de salida las conclusiones y el control estadístico de los resultados de los análisis. Para comprender el sistema de análisis, es preciso conocer y saber utilizar completamente el equipo de laboratorio, conocer las características de los motores, su funcionamiento, equipo auxiliar, sistema de combustible, sistema lubricación, sistema de refrigeración, entre otros, todo esto al final justifica la realización de buenos análisis, toma de muestras correctas, certeza en la interpretación de los resultados, gráficos de control bien elaborados y conclusiones correctas.

Los análisis de combustible, aceite y agua tienen como objetivo principal:

- Controlar eficaz y eficientemente el funcionamiento de los motores. Lo anterior implica:
 - Evitar contaminación: tierra, agua, combustible.
 - Optimizar uso de motores, aceite, combustible y agua.
 - Extender vida útil de los motores: períodos de relleno de aceite óptimos basados en los análisis de aceite, sistema de combustible en buen funcionamiento basado en los análisis de bunker y sistema de refrigeración con buen desempeño basado en los análisis de agua.

3.1. Descripción del equipo de laboratorio

El equipo que se utiliza para los análisis de combustible, aceite y agua que se encuentra en el laboratorio (ver tabla IV) es el siguiente:

Tabla IV. **Equipo de laboratorio función y representación**

Equipo	Función	Representación
Viscosímetro	Equipo destinado para medir la viscosidad en aceite y combustible (bunker).	
Consola	Equipo destinado para medir contenido de TBN, TAN, insolubles, agua, tanto en aceite como en bunker.	
Medidor de densidad	Equipo que se utiliza para medir la densidad del aceite y el bunker.	
Medidor de compatibilidad	Equipo el cual se utiliza para medir la compatibilidad entre dos combustibles o dos clases de aceites.	

Continuación de la tabla IV.

Espectrofotómetro	Equipo que se utiliza para medir el contenido de hierro en el agua, también es utilizado para otra clase de análisis en el agua como magnesio, calcio, cloruros.	
Bureta automática	Se usan para verter cantidades variables de líquido, y por ello están graduadas con pequeñas subdivisiones (dependiendo del volumen, de décimas de mililitro o menos).	
Probeta	Es un instrumento <u>volumétrico</u> , que permite medir volúmenes, su escala en mililitros.	
Jeringa	Las jeringas son utilizadas para introducir pequeñas cantidades de gases o líquidos en áreas inaccesibles.	
Medidor de conductividad	Instrumento utilizado para medir la conductividad en diferentes líquidos especialmente agua.	
Hidrómetro	Accesorio del medidor de densidad; utilizado para medir densidades de bunker y aceite.	
Estuche con equipo para analizar aceite	Instrumentos para analizar viscosidad en aceite y bunker.	

Continuación de la tabla IV.

Medidor de temperatura para líquidos	Instrumento de medición empleado para medir la temperatura de líquidos.	
Frascos para analizar TBN, TAN, insolubles y contenido de agua	Accesorios de la consola; empleados para medir TBN, TAN, insolubles y contenido de agua; tanto en el bunker como en el aceite.	
Colador	Accesorio empleado para colar muestras de aceite y bunker contaminado.	
Frascos para análisis de muestras 25 ml.	Accesorios empleados para analizar muestras de agua y condensado.	

Fuente: elaboración propia.

3.2. Procedimientos de manejo de equipo

El laboratorio cuenta con diferente equipo de precisión para análisis de aceite, agua y bunker; el manejo de este equipo es de suma importancia, pues se requiere alta confiabilidad en los resultados que se obtengan de los mismos, y también por ser equipo de alto costo; algunos equipos cuentan con su manual de operación, donde se especifican aspectos como procedimientos de uso y mantenimiento; las recomendaciones para el manejo adecuado de los equipos para evitar problemas de resultados o de averías son los siguientes:

- El personal que manipula el equipo debe estar autorizado y previamente capacitado.
- El personal técnico de mantenimiento para poder revisar y manipular el equipo, debe estar previamente autorizado por el analista del laboratorio.
- Si existe duda en los procedimientos de manejo se debe consultar con los manuales propios de cada equipo.
- Se deben seguir todas las normas de calidad establecidas.
- Los procedimientos de seguridad establecidos se deben llevar a cabo como está indicado para evitar deterioros en los equipos.

3.3. Medidas de seguridad en el manejo de reactivos

En la realización de los análisis se quiere que el personal destinado para esta actividad cuente con una guía, la cual le proporcione normas de seguridad en el manejo de reactivos y en el desarrollo de trabajos especiales dentro del laboratorio.

Esto para evitar de alguna manera accidentes y cierta ineficiencia en la realización de los análisis; a continuación se describen las normas de seguridad y trabajo que debe tener el analista durante su estadía en el laboratorio.

- Normas de seguridad y trabajo en el laboratorio.
 - Disposiciones generales
 - Limitar el acceso de personal ajeno al laboratorio.
 - Adecuada iluminación y ventilación en las áreas de trabajo del laboratorio. En las áreas donde lo requieran debe haber una

adecuada climatización y en otras, ventilación suficiente para evitar acumulación de gases u olores extraños.

- Prohibición de fumar y preparación e ingestión de alimentos, que no sean objeto de análisis en las áreas de trabajo de los laboratorios, incluyendo los lugares donde están los equipos.
- En las áreas donde lo requieran deben estar situados extinguidores. El personal deberá estar adiestrado para el manejo de estos.
- El analista debe mantener higiene personal adecuada y el uso correcto de las batas y medios de protección como anteojos, guantes y otros.
- Se mantendrán todos los recipientes que contengan reactivos y patrones de referencias bien etiquetados, teniendo en cuenta las condiciones que requiera cada uno para su conservación y riesgo, de acuerdo con lo que se plantea en la literatura.
- En caso de derrame de algunas sustancias se tomarán las medidas adecuadas para su eliminación y limpieza.
- Para el almacenamiento de los reactivos se tendrá en cuenta las incompatibilidades químicas de las sustancias que lo requieran, y los explosivos se colocarán en locales especiales bajo estricto control.

- Se deberán relacionar todos los productos químicos que se emplean en el laboratorio, especificando sus riesgos toxicológicos, los antidotos, las medidas necesarias para casos de quemaduras, ingestiones casuales u otras acciones que puedan provocar la intoxicación del personal y el tratamiento de los residuos de estas sustancias.
- Durante la estancia en el laboratorio el analista debe ir provisto de bata, gafas de seguridad y guantes de látex. La bata deberá emplearse durante toda la estancia en el laboratorio. Las gafas de seguridad siempre que se manejen productos peligrosos y durante la calefacción de disoluciones. Los guantes deben utilizarse obligatoriamente en la manipulación de productos tóxicos o cáusticos.
- Quitarse todos los accesorios personales que puedan comprender riesgos de accidentes mecánicos, químicos o por fuego, como son anillos, pulseras, collares y sombreros. La responsabilidad por las consecuencias de no cumplir esta norma dentro del laboratorio es enteramente del analista.
- Se debe conocerse la toxicidad y riesgos de todos los compuestos con los que se trabaje. Debe ser práctica común consultar las etiquetas y libros sobre reactivos en busca de información sobre seguridad.
- Mantener solo el material requerido para la sesión, sobre la mesa de trabajo. Los frascos de reactivos deben permanecer en sus

estuches. Los demás objetos personales o innecesarios deben guardarse o colocarse lejos del área de trabajo.

- Los frascos de los reactivos deben cerrarse inmediatamente después de su uso, durante su utilización los tapones deben depositarse siempre boca arriba sobre la mesa.
 - Si algún reactivo se derrama, debe retirarse inmediatamente dejando el lugar perfectamente limpio.
 - Cuando se tengan dudas sobre las precauciones de manipulación de algún producto deben consultarse los manuales o etiquetas antes de proceder a su uso.
 - Los recipientes utilizados para almacenar disoluciones deben limpiarse previamente.
 - Las disoluciones y recipientes calientes deben manipularse con cuidado.
- Medidas de seguridad en el uso de los equipos
 - Los equipos que se utilicen para almacenar líquidos volátiles o altamente inflamables deben estar fabricados o tener dispositivos a prueba o resistentes a las explosiones.
 - Se debe familiarizar con la localización y métodos de uso más efectivos de los extinguidores de incendio que se usan para

fuegos producidos por líquidos o sólidos inflamables, gases y vapores, equipos eléctricos y electrónicos.

- Utilizar soportes firmes y asegure todas las conexiones y deje amplio espacio de cabeza en los recipientes cuando vaya a realizar destilaciones.
- Tomar debidas precauciones cuando use equipos eléctricos para evitar lesiones mecánicas, toque eléctrico (ausencia o mala conexión a tierra) o fuego por encendido de vapores inflamables con chispas eléctricas.
- Medidas de seguridad en técnicas y trabajos especiales
 - Al realizar análisis usar guantes, dispositivos de protección para la cara, protección respiratoria y haberlo para proteger la piel, los ojos y tracto respiratorio, contra neblinas o humos generados por el dispositivo de rociado.
 - Pipetas. No pipetear líquidos dañinos empleando succión con la boca. Utilizar dispositivos adecuados para ello.
 - Oxidación húmeda. Esta técnica es la más peligrosa entre las que usan ácidos, aunque puede ser ejecutada con seguridad. Más adelante se exponen las medidas de precaución a tomar para ácidos usados en los laboratorios de Química.

- Prohibición de realizar trabajos en forma aislada o solitaria o durante varias horas de trabajo, de lo contrario debe ser contactado el analista periódicamente como medida de seguridad.
- Proteger las manos con toallas o guantes gruesos al insertar tubos de cristal en tapones de corcho o de goma.
- Si el contenido es volátil, enfriar antes de abrir.
- Deshacerse de la cristalería astillada o rota en recipientes especiales.
- Usar cristalería resistente al calor para preparar soluciones que generen calor.
- Medidas básicas en la manipulación de ácidos, álcalis, solventes orgánicos y otras sustancias químicas peligrosas
 - Al diluir, siempre agregar los ácidos sobre el agua, al menos que exista otra indicación en el método.
 - Evitar contacto con la piel, los ojos y tracto respiratorio y proteger los ojos de salpicaduras.
 - Si se derrama ácidos en la piel, lavar inmediatamente con abundante agua.
 - Usar careta protectora o anteojos de protección y guantes de goma gruesos cuando se manipulen estos reactivos.

- Evitar contacto con materiales que puedan provocar fuego o explosión.
 - Muchos álcalis son fuertemente cáusticos y pueden causar severas quemaduras, tomar precauciones bien estrictas.
 - No mezclar residuos de solventes.
 - No permitir que los vapores se concentren a niveles de inflamabilidad en el área de trabajo, puesto que es casi imposible eliminar todo peligro de chispas procedente de electricidad estática aun cuando los equipos eléctricos estén conectados a tierra.
 - Usar ropas y guantes permeables (guantes de polietileno) si es necesario. Lavarse completamente con jabón y agua para evitar contaminación de los alimentos y al fumar.
 - Evitar electricidad estática.
 - Se requiere de un personal de limpieza altamente calificado para las áreas donde se trabaje.
- Pictogramas o símbolos de peligrosidad

Están establecidos diferentes símbolos internacionales que deben ser usados en frascos de reactivos o productos químicos, en soluciones preparadas, en locales donde se almacenan estos materiales o a la hora de transportarlos con el fin de indicar la peligrosidad y derivado de ello

tomar las medidas adecuadas para su traslado, preparación, uso o disposición que se vaya a dar en un momento dado. Estos pictogramas tienen una figura determinada, un color y la indicación del peligro. Sería aconsejable tener una pancarta donde estén señalizados los pictogramas siguientes:

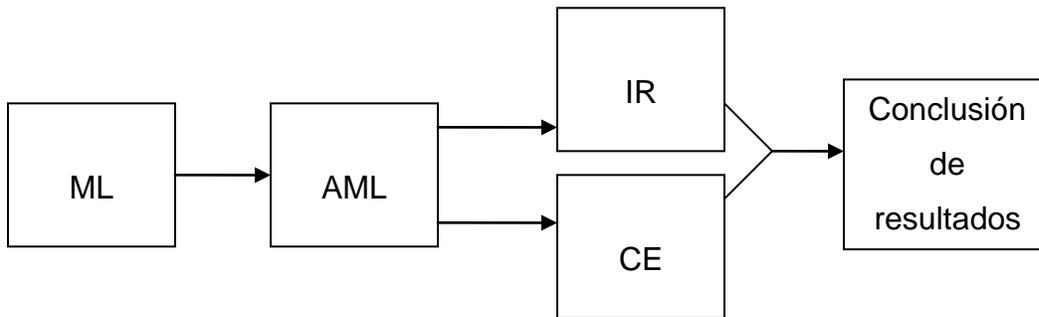
- E Explosivo
- O Comburente
- F+ Extremadamente inflamable
- F Inflamable
- T+ Muy tóxico
- T Tóxico
- C Corrosivo
- Xn Nocivo
- Xi Irritante
- N Peligroso para el medio ambiente

3.4. Sistema de análisis de aceite lubricante

En el sistema propuesto (ver figura 10) los elementos que lo componen son los siguientes:

- Muestreo de lubricantes (ML)
- Análisis de muestras de lubricantes (AML)
- Interpretación de resultados (IR)
- Control estadístico de muestras (CE)
- Conclusión de resultados

Figura 10. **Esquema del sistema de análisis de aceite lubricante**



Fuente: elaboración propia.

3.4.1. Muestreo de aceites lubricantes

Los tipos de análisis a los que va a ser sometida la muestra de aceite lubricante, influye directamente sobre el muestreo, por lo que el procedimiento de muestreo es de suma importancia, pues el contenido de la muestra que en este caso es el aceite, es el objeto de trabajo del laboratorio.

El aceite no debe estar contaminado con agentes extraños, en caso contrario, se puede dificultar el proceso de análisis; con lo que al realizar un procedimiento adecuado la posibilidad de obtener resultados inciertos se reduce completamente.

A continuación se describe la forma correcta de realizar el muestreo del aceite lubricante.

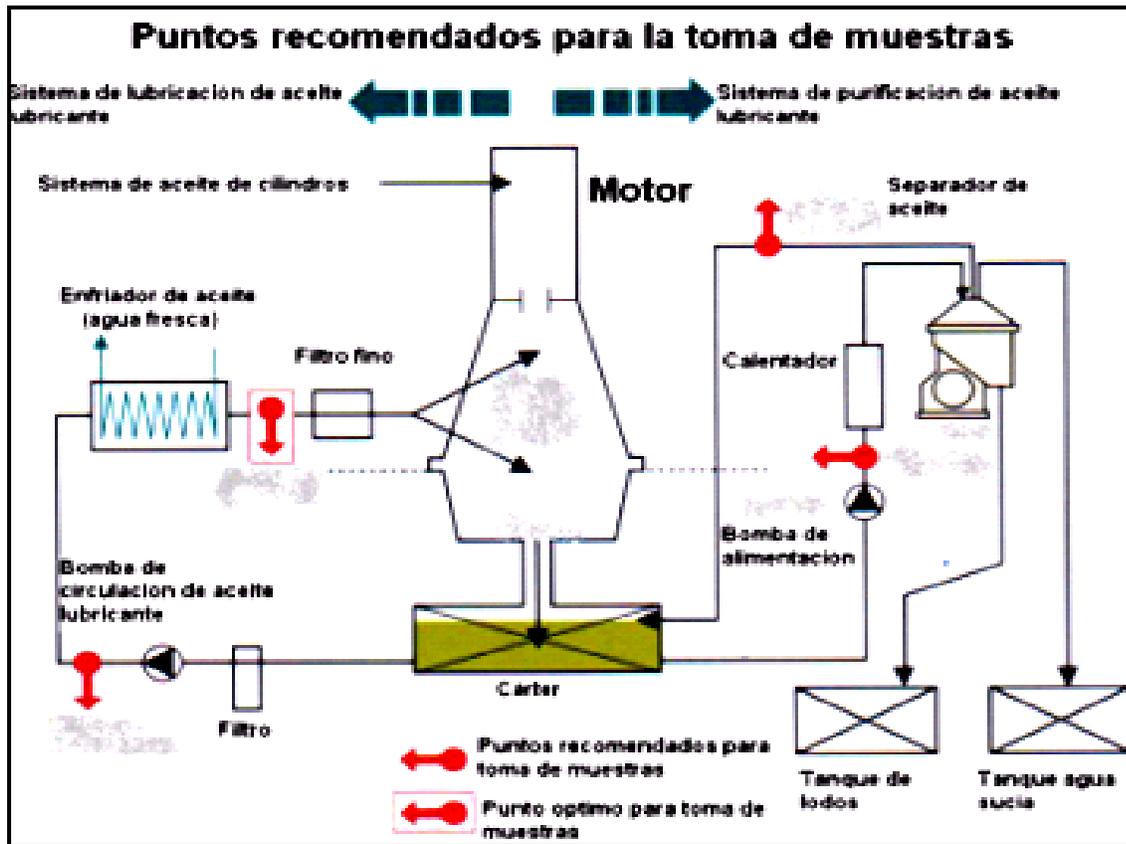
3.4.1.1. Dónde tomar la muestra

El lugar seleccionado para tomar la muestra va a depender del análisis al que va a ser sometido el aceite lubricante.

- Si lo que se quiere es determinar si el aceite puede continuar prestando servicio o bien determinar si se puede realizar algún relleno o endulzado, según las características que presente el aceite después de los análisis, entonces la muestra debe ser representativa del aceite del sistema, y para esto la muestra debe ser tomada con el motor operando y después de que el aceite ya ha recorrido todo el sistema de lubricación. En este caso las muestras pueden ser tomadas en diferentes puntos por ejemplo: antes del filtro fino o bien después de los enfriadores de aceite, antes y después del separador o purificador de aceite y antes de los enfriadores de aceite (al lado de la descarga de la bomba de circulación de aceite).

El punto óptimo para la toma de muestras de aceite en los motores de la planta (ver figura 11) es después de los enfriadores de aceite, antes del filtro fino.

Figura 11. Diagrama de toma de muestras de aceite en motores



Fuente: Catálogo de muestras de lubricantes Chevron.

Debe tenerse en cuenta, siempre que se estén tomando muestras de aceite, bien sea para determinar su condición o para saber si está contaminado, que las muestras deben tomarse antes de cualquier equipo de filtración, para que las características de esta sean proporcionales a las del aceite del sistema.

Otro punto importante es que solamente se justifica tomar muestras de aceite antes y después de filtros, si lo que se desea es evaluar la eficiencia de estos, pues muchas veces, algunas de las fallas de los motores se deben a filtros defectuosos.

3.4.1.2. Frecuencia de muestreo

La frecuencia de muestreo depende de prácticas ya establecidas que obedecen a programas rutinarios característicos de la industria, o a un tipo específico de maquinaria y los análisis no rutinarios que se realizan cuando existen sospechas sobre el mal funcionamiento, o funcionamiento fuera de lo común de la maquinaria.

Los períodos de muestreo necesarios para el funcionamiento adecuado del sistema diseñado (ver tabla V) y de los motores sujetos a prueba, requieren cierto grado de homogeneidad, debido a que los resultados a obtener de los análisis deben ser lo mas exactos posibles, para la correcta elaboración de los gráficos de control.

Como se ha señalado anteriormente la frecuencia de muestreo será un buen elemento a tomar en cuenta para la obtención de resultados efectivos y que de no ser así, incidirá grandemente en una mala interpretación de los resultados.

Tabla V. **Frecuencia de muestreo de aceite en motores Mak**

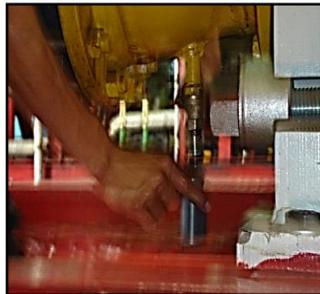
Aplicación	Frecuencia (en días)	Frecuencia (en hrs.)
Motores en condiciones extremas de operación (motores estacionarios operando con bunker o diésel).	Cada 15 días	336 - 360

Fuente: elaboración propia.

3.4.1.3. Método de sustraer la muestra

Las muestras pueden tomarse ya sea que el motor este operando o no, y se pueden obtener directamente del orificio de la válvula de muestreo que se encuentra en la salida de la línea de circulación de los enfriadores de aceite (ver figura 12).

Figura 12. **Válvula de muestreo de aceite**



Fuente: Carretera al Pacífico, Amatitlán.

Como se vio anteriormente el sistema de lubricación de aceite de cada uno de los motores, dispone de una válvula de muestreo en la línea de circulación del aceite, por lo que para la obtención de la muestra sencillamente se verterá la muestra en el depósito o frasco, pero antes la cantidad extraída al inicio debe ser descartada, con el fin de poder obtener una muestra representativa del aceite del sistema.

Cuando se esté tomando la muestra hay que poner especial atención en la limpieza de la válvula de muestreo, ya que suciedad depositada en la boquilla de salida de esta válvula puede provocar que los resultados de los análisis se vean afectados.

3.4.1.3.1. Procedimientos adecuados en la toma de muestras

La toma de muestras de aceite es un procedimiento de suma importancia, pues el contenido de la muestra que es el aceite, es un elemento importante para la realización de los análisis en el laboratorio; el aceite no debe estar contaminado; en caso contrario, se puede dificultar el proceso de análisis, afectar el desempeño de los equipos o en el peor de los casos, dañar su funcionamiento, afectar los resultados de los análisis que repercutiría en la interpretación de los mismos.

El procedimiento de la toma de muestras debe seguir los siguientes pasos:

- Solicitar el recipiente o frasco adecuado, este recipiente está diseñado para la contención de aceite, lo proporciona el proveedor de aceite lubricante.
- Verificar antes de su uso, que el recipiente esté libre de agentes extraños.
- Limpiar los alrededores de la fuente antes de proceder a la toma de muestra; en este caso la válvula de muestreo en la salida del enfriador de aceite. Purgar si es necesario por minuto y medio en un recipiente aparte, el objetivo es purgar el aceite próximo a la válvula, pues este no es representativo.
- Tomar la muestra y llenar el frasco hasta el nivel aproximado de llenado indicado en el frasco.

- Con el frasco en posición siempre vertical, encajar la tapadera para tapar el frasco.
- Transportar de manera adecuada sin ningún incidente como por ejemplo, un derrame del aceite y después proceder a llenarlo de nuevo; la razón es que el aceite ya está contaminado con agentes extraños.

3.4.1.3.2. Identificación y registro de la fuente de la muestra

La fuente de la muestra se refiere a la completa identificación del equipo de donde se extrae la muestra de aceite usado, pues es de suma importancia tener datos sobre el equipo para conocer las condiciones en las que debe operar, y qué capacidad posee; es importante hacer el registro de estos datos en el lugar donde se encuentra el equipo, y en el momento de tomar la muestra, para evitar errores de asignación que entorpecería todo el proceso en el laboratorio; los datos que deben identificarse y registrarse son los siguientes y para esto se hace relación a un ejemplo:

- Tipo de equipo: motor de combustión interna.
- Núm. de serie: 12CM43.
- Motor Número: 12.
- Capacidad de operación: carga máxima: 12 MW carga nominal: 11,5 MW.

- Aplicación o condiciones en las que opera: motores empleados para la generación de energía eléctrica. En condiciones normales de operación: presión atmosférica 1 bar, temperatura ambiente 31 °C, humedad relativa al aire 30 %.
- Núm. de horas de operación con el lubricante a analizar: 3 379 hrs.
- Tipo de aceite: Taro 40 XL 40
- Productor del aceite: Texaco
- Ciclo operativo: motor de 4 tiempos, requiere 2 revoluciones para completar un ciclo de trabajo. Funciona con diésel y con bunker C, alternativamente, utilizando dos turbocargadores.

3.4.1.4. Tamaño de la muestra

Las cantidades de aceite lubricante usado que deben ser tomadas para luego ser enviadas al laboratorio para su posterior análisis, pueden variar dependiendo del equipo que se está analizando o de algunas especificaciones que manejan algunos laboratorios en la actualidad.

Independientemente de todo esto, la cantidad de lubricante usado que garantiza efectuar pruebas indispensables para determinar el estado del aceite lubricante es 100 ml estandarizado.

3.4.1.5. Condiciones para tomar la muestra

Al muestrear un lubricante, debe ponerse especial cuidado en evitar que la muestra se contamine con algún agente extraño (ya sea del frasco donde se depositará la muestra, herramientas usadas o el ambiente circundante); cualquier descuido en la toma de la muestra puede conducir a muestras no representativas, cuyos análisis arrojaría resultados no concordantes con la realidad, lo cual puede llevar a interpretaciones, conclusiones y recomendaciones erróneas.

3.4.1.6. Cómo obtener una muestra representativa

Desde que los análisis requieren de cantidades relativamente pequeñas de aceite, el analista debe ejercer gran cuidado para asegurarse que las muestras son verdaderamente representativas del sistema.

A continuación se detallan algunas recomendaciones para obtener muestras representativas:

- Asegurarse que los recipientes de la muestra estén limpios, secos y libres de posibles contaminantes.
- Establecer un punto del equipo, preferentemente un punto donde el aceite está fluyendo firmemente, para tomar la muestra.
- Siempre tomar las muestras en el mismo punto.

- Tomar la muestra cuando la maquinaria está corriendo a la temperatura que opera, o en caso contrario, deberá hacerse en tiempo no mayor de 5 minutos después de que el equipo deje de operar.
- Vaciar aproximadamente un litro de aceite del punto de la muestra para permitir el drenaje de posibles contaminantes.
- Tomar la muestra antes del filtro.
- Cerrar el frasco de la muestra herméticamente para evitar cualquier exceso de aceite del exterior de la botella y así evitar cualquier contaminación de otros artículos durante la entrega al laboratorio.

3.4.2. Análisis de aceites lubricantes métodos y procedimientos

El análisis de lubricantes es la investigación científica, física y química de los aceites lubricantes, por medio de instrumentos de medición destinados específicamente para determinadas pruebas.

El análisis de las condiciones del aceite en el diseño del sistema propuesto se limita a un número restringido de pruebas. Estas pruebas pueden proporcionar un cuadro exacto de la condición o aptitud para el uso del aceite. Existe una gran variedad de pruebas que se emplean para establecer las condiciones del aceite y comportamiento de la maquinaria que lo utiliza.

Las pruebas de laboratorio constituyen una de las herramientas principales para evaluar si un aceite en uso sigue conservando sus propiedades lubricantes, si está contaminado y el tipo de posible contaminante presente.

Todo con un solo objetivo y es determinar la finalidad de detectar y predecir fallas en los equipos, alargando de esta manera la vida efectiva de estos y la del mismo aceite lubricante.

En referencia a las pruebas de laboratorio que se efectúan en aceites usados se indican a continuación (ver tabla VI) las especificaciones de calidad para el aceite que se utiliza en los motores Mak de la empresa generadora. El aceite que se emplea como lubricante para estos motores es el TARO 40 XL40 grado SAE 40.

Tabla VI. **Especificaciones de calidad para aceite**

Característica	Unidades	Método	Límites Mín - Máx
Viscosidad cinemática a 40 °C	cSt	Método viscosidad cinemática	140 - 160
Densidad a 15 °C	gr/cm ³	Método Densidad	Máx 0,910
TBN	mg KOH/gr	Método determinación del número básico total	25 - 40
TAN	mg KOH/gr	Método determinación de la acidez	Máx 3
Contenido de agua	% v/v	Método determinación del contenido de agua	Máx 0,2
Insolubles	% m/m	Método determinación de insolubles	Máx 0,1

Fuente: Manual CAT.

3.4.2.1. Análisis de viscosidad

La viscosidad es la propiedad más importante de un aceite lubricante. Un aceite con viscosidad correcta proporcionará un funcionamiento óptimo del aceite en el motor con pérdidas por fricción mínimas. En los análisis de aceites usados un aumento/disminución de la viscosidad, es síntoma de que el aceite se está deteriorando y por lo tanto está perdiendo sus propiedades lubricantes.

Por lo general la evaluación de las viscosidades es realizada considerando la viscosidad del aceite nuevo, el cual se toma como punto de comparación en el análisis del aceite usado. En ocasiones se desconoce la viscosidad el aceite nuevo, entonces se utiliza como viscosidad de referencia la recomendada por el fabricante de la maquinaria.

- Descripción detallada del método de viscosidad cinemática “Análisis de viscosidad”:
 - Equipo:
 - Viscosímetro
 - Extensión y regulador de energía
 - Frasco con muestra de aceite
 - Equipo de protección personal
 - Procedimiento para realizar análisis:
 - Sacar la válvula principal del viscosímetro (ver figura 13).

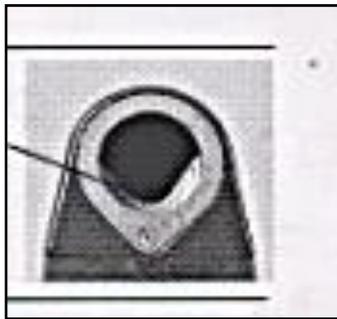
Figura 13. **Forma de sacar válvula principal**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 127.

- Seguidamente colocar el viscosímetro verticalmente e insertar la bola de acero, posteriormente vertir el aceite hasta la marca en forma de "V" que tiene en su interior el aparato (ver figuras 14 y 15).

Figura 14. **Marca en forma de "V" interior viscosímetro**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 127.

Figura 15. **Forma de verter el aceite en el viscosímetro**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 128.

- Colocar nuevamente la válvula principal del viscosímetro aflojando la perilla y presionando lentamente hacia abajo hasta que todo el aire de su interior salga (ver figura 16).

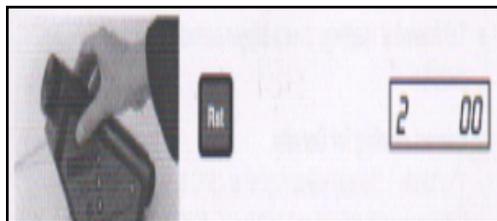
Figura 16. **Forma de colocar válvula principal en viscosímetro**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 128.

- Conectar el cable al viscosímetro y colocarlo horizontalmente sobre una superficie plana. Presionar Rst para reiniciar el aparato y ver que en la pantalla aparezca el modo 2 y cero a su izquierda (ver figura 17).

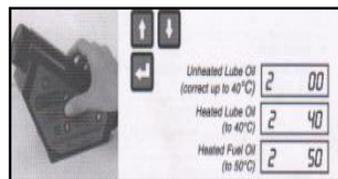
Figura 17. **Utilización viscosímetro análisis de aceite**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 129.

- Presionar la flecha que indica hacia arriba para hacer variar la temperatura; poner una temperatura de 40 °C (temperatura a la cual se mide la viscosidad del aceite) y presionar la tecla que indica hacia la izquierda (enter). En la pantalla la temperatura empezará a parpadear y luego de unos minutos se estabilizará (ver figura 18).

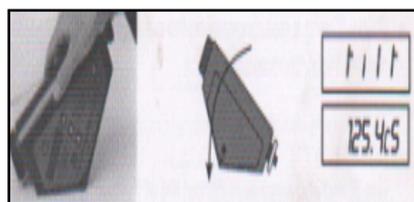
Figura 18. **Utilización viscosímetro análisis de aceite**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 130.

- Seguidamente la pantalla mostrará la palabra *tilt* (que significa inclinar) por lo que se procede a mover el viscosímetro como lo muestra claramente la figura.

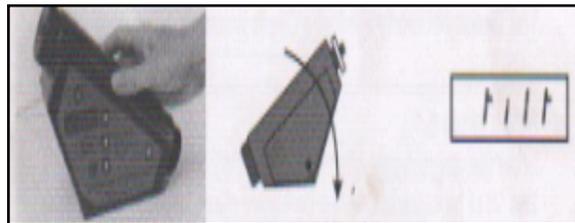
Figura 19. **Utilización viscosímetro análisis de aceite**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 130.

- Dependiendo de la viscosidad a la que se encuentre el aceite así serán las veces que se tendrá que inclinar el viscosímetro de un lado a otro (ver figura 20).

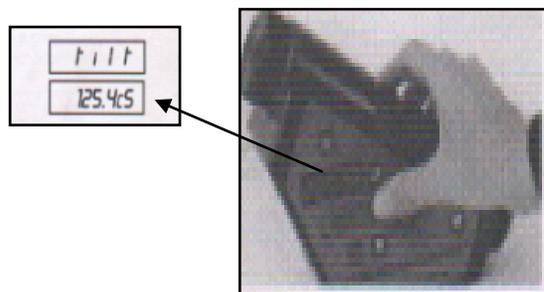
Figura 20. **Utilización viscosímetro análisis de aceite**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 131.

- Por último la palabra *tilt* dejará de aparecer y se procederá a tomar la lectura con la viscosidad que el viscosímetro marque, la figura lo muestra claramente. Recordar que la viscosidad se mide en cSt.

Figura 21. **Utilización viscosímetro análisis de aceite**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 131.

3.4.2.2. Análisis de TBN

El número básico total (TBN) es una medida de la capacidad del aceite que se refiere a la cantidad de ácido clorhídrico (HCL), expresada a través de su equivalente en miligramos de KOH, que se requiere para neutralizar todos los constituyentes básicos presentes en un gramo de muestra. Esta prueba es de gran utilidad en el control de calidad de las formulaciones de aceites nuevos para motores diésel o motores que funcionan con bunker; determina la reserva alcalina que esta relacionada con la vida útil o período de relleno del aceite en este tipo de motores. El TBN disminuye en el servicio del aceite.

- Descripción de la determinación de la basicidad o número básico total:
 - Equipo:
 - Consola para medir TBN
 - Extensión y regulador de energía
 - Frascos con muestras de aceite nuevo y aceite usado
 - Frasco para analizar TBN
 - Jeringa de 5 ml
 - Equipo de protección personal
- Reactivo:
 - Reactivo para analizar TBN
- Procedimiento para realizar análisis:
 - Necesita de dos muestras, una de aceite nuevo que va ser la muestra de referencia y una de aceite usado que va ser la muestra a evaluar.

- Colocar el frasco de TBN sobre la consola y seleccionar el modo 3 en el equipo presionando M (ver figura 22).

Figura 22. **Forma de presionar M en pantalla de consola**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 132.

- Añadir reactivo TBN en el interior del frasco hasta la marca que indica el mismo (20 ml aprox.), seguidamente agitar la muestra de referencia (aceite nuevo) y añadir con la jeringa 5 ml de aceite nuevo al frasco de TBN (ver figura 23).

Figura 23. **Forma de verter muestra de referencia en frasco de TBN**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 132.

- Presionar Zero y agitar el frasco de TBN por un tiempo de 2 minutos (ver figuras 24 y 25).

Figura 24. **Forma de presionar zero en consola**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 133.

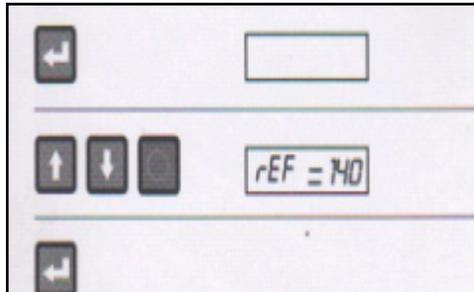
Figura 25. **Forma de sujetar y agitar el frasco de TBN**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 133.

- Luego colocar el frasco en la celda de la consola y tomar nota del valor que aparecerá en la pantalla. Ejemplo: (140) valor de referencia.
- Repetir el mismo procedimiento para la muestra de aceite usado (del paso 2 al paso 5) que es la que se va a evaluar.
- Después de realizado el mismo procedimiento para el aceite usado y teniendo el frasco de TBN en la celda de la consola, proceder a ingresar el valor de referencia del primer análisis como se muestra en la figura.

Figura 26. **Forma de ingreso de valor de referencia obtenido**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 134.

- Ingresar el valor de TBN del aceite nuevo tal y como se ve en la figura (en su caso TARO XL 40; TBN= 40).

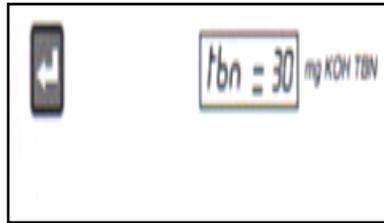
Figura 27. **Forma de ingreso de valor de TBN de aceite nuevo**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 134.

- Por último presionar enter y el aparato da el valor de TBN del aceite analizado (ver figura 28).

Figura 28. **Forma de presionar enter para obtener resultado**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 135.

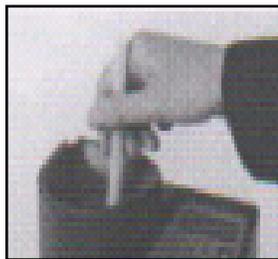
3.4.2.3. Análisis de densidad

La densidad es la relación absoluta entre la masa y el volumen a una temperatura declarada y es expresada en kilogramos por metro cúbico (Kg/m^3) a $15\text{ }^\circ\text{C}$, esta se obtiene para determinar el peso del aceite lubricante. Otro aspecto por el cual es de importancia el conocimiento de su valor es que a través de su valor se puede ajustar el sistema de las separadoras para la limpieza del aceite. La densidad máxima para la limpieza efectiva del aceite por las separadoras debe ser de 910 Kg/m^3 .

- Descripción de la determinación de la densidad “Análisis de densidad”:
 - Equipo:
 - Medidor de densidad
 - Hidrómetros
 - Frasco con muestra de aceite
 - Barra cilíndrica plástica
 - Equipo de protección personal
- Procedimiento para realizar análisis:

- Presionar la tecla Rst que se encuentra en el medidor de densidad.
- Verter el aceite en el medidor de densidad hasta la marca que tiene en su interior la celda del medidor de densidad y moverlo con la barra cilíndrica de plástico (ver figura 29).

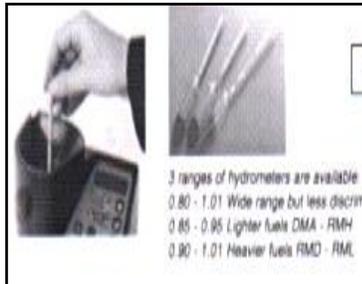
Figura 29. **Forma de remover aceite en medidor de densidad**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 135.

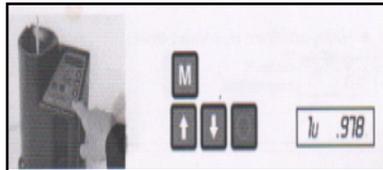
- Presionar M y poner el modo 1.
- Introducir el hidrómetro hasta el fondo en el medidor de densidad y esperar por unos segundos; seguidamente tomar nota del valor que indique el hidrómetro e ingresarlo en el medidor de densidad (ver figura 30 y 31). (El equipo cuenta con 3 hidrómetros y cada hidrómetro es utilizado dependiendo que tan ligero o pesado es el fluido a analizar; en este caso aceite; el hidrómetro a utilizar es el que está en el rango de densidades entre 0,85-0,95, tomar en cuenta también que se pueden emplear cualquiera de los 3 hidrómetros la diferencia no es muy significativa).

Figura 30. **Forma de sumergir hidrómetro en medidor de densidad**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 136.

Figura 31. **Forma de ingresar valor teórico de densidad**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 135.

Para, finalizar se obtendrá en la pantalla del medidor de densidad la lectura correcta de la densidad del aceite analizado a 15 grados centígrados en vacío (ver figura 32).

Figura 32. **Forma de presionar enter para obtener densidad del aceite**



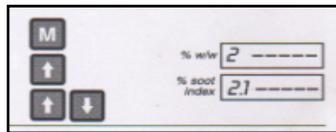
Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 136.

3.4.2.4. Análisis de insolubles

Los contaminantes sólidos del aceite en uso disminuyen sus propiedades lubricantes y su presencia, dependiendo de la clase de sólidos localizados en el aceite lubricante puede ser indicio de desgastes en los motores. Los contaminantes sólidos generan el desgaste anormal de la maquinaria, acortando su vida útil. Materias carbonosas procedentes de la combustión, partículas metálicas procedentes del desgaste, polvo, productos resultantes de la oxidación, es decir elementos no solubles en el aceite constituyen este tipo de contaminante.

- Descripción de la determinación de insolubles “Análisis de insolubles”:
 - Equipo:
 - Consola
 - Frasco para medir insolubles
 - Frasco con muestra de aceite
 - Tubo de vidrio con capacidad de 10 ml
 - Gotero
 - Equipo de protección personal
 - Reactivo:
 - Reactivo J
 - Procedimiento para realizar análisis:
 - Colocar frasco de insolubles en la consola y seleccionar modo 2 presionando las teclas (ver figura 33).

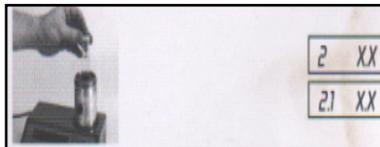
Figura 33. **Selección de programa para analizar insolubles**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 136.

- Llenar el tubo de vidrio con 10 ml de reactivo J, taparlo y colocarlo en la celda del frasco para medir insolubles (ver figura 34).

Figura 34. **Forma de colocación de tubo de vidrio en frasco de insolubles**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 137.

- Seguidamente girar la perilla del frasco para medir insolubles hasta que la pantalla muestre el valor de cero.

Figura 35. **Forma de seleccionar el valor cero haciendo girar la perilla**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 137.

- Agitar la muestra de aceite, con el gotero succionar aceite del frasco donde está la muestra y luego añadir una gota de aceite en el tubo de vidrio; agitarlo por unos segundos y esperar hasta que desaparezcan las burbujas (ver figura 36).

Figura 36. **Forma de verter aceite en tubo de vidrio**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 137.

- Introducir nuevamente el tubo de vidrio en la celda de frasco para medir insolubles, esperar que se establezca la lectura en la pantalla y luego tomar nota del resultado que aparecerá en la pantalla.

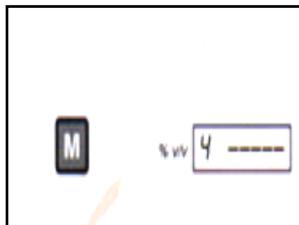
3.4.2.5. Análisis de contenido de agua

El agua constituye un elemento indeseable en el aceite lubricante debido a su gran facilidad de provocar la formación de herrumbre en las partes ferrosas de los equipos lubricados. Su efecto sobre el desempeño del aceite resulta igualmente perjudicial, ya que se forman emulsiones altamente viscosas que junto con las propiedades producen depósitos lodosos que interfieren con la correcta lubricación del equipo.

- Descripción de la determinación del contenido de agua “Análisis de contenido de agua”:

- Equipo
 - Consola
 - Frasco con muestra de aceite usado
 - Frasco para analizar contenido de agua
 - Equipo de protección personal
- Reactivos
 - Reactivo A
 - Sobrecito con reactivo B
 - Procedimiento para realizar análisis:
 - Seleccionar modo 4, agua en aceite de 0 – 2,5 % en volumen, presionando varias veces el botón con la letra M hasta que aparezca en pantalla modo 4 (ver figura 37).

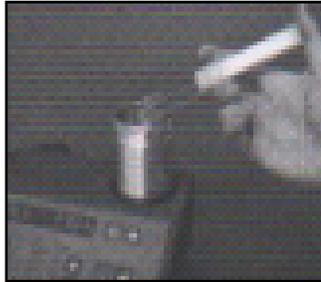
Figura 37. **Selección de programa para analizar contenido de agua**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 138.

- Colocar el frasco para analizar contenido de agua en la celda de la consola y agregar el reactivo A, con la ayuda de una jeringa hasta la marca interna que tiene la celda (aproximadamente 20 ml).

Figura 38. **Vertido de reactivo A en frasco**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 145.

- Agregar con una jeringa 5 ml de aceite a analizar en este caso aceite usado (ver figura 39).

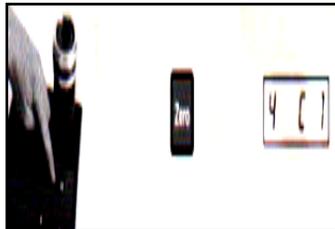
Figura 39. **Vertido de aceite en frasco**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 147.

- Con una tijera cortar a la mitad el sobrecito con el reactivo B y colocarlo internamente en el frasco, luego cerrarlo y presionar el botón zero, a partir de este instante empezará a correr el tiempo de un segundo hasta 120 segundos (ver figura 40).

Figura 40. **Colocación de frasco en consola y selección de tecla zero**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 148.

- Tomar el frasco sujetarlo y agitarlo fuertemente, dejarlo de agitar hasta que el tiempo en la pantalla de la consola marque los 120 segundos (ver figura 41).

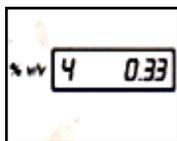
Figura 41. **Forma de sujetar y agitar frasco de contenido de agua**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 148.

- Seguidamente volver a colocar el frasco en la consola y la pantalla de la consola dará un valor; el cual es el porcentaje de agua en el aceite y lo da en porcentaje en volumen (ver figura 42).

Figura 42. **Resultado análisis de contenido de agua**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 144.

3.4.2.6. Análisis de TAN

La acidez o número ácido total (TAN) se refiere a la cantidad de base, expresada en miligramos de hidróxido de potasio (KOH), requerida para neutralizar todos los constituyentes ácidos presentes en un gramo de muestra. Esta prueba se utiliza en la determinación del grado de oxidación y contaminación con productos ácidos de la combustión en los aceites usados. Los compuestos ácidos son generalmente solubles en el aceite y al estar circulando con el mismo pueden corroer y dañar las superficies metálicas del equipo o maquinaria que esté lubricando.

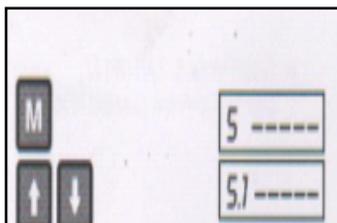
La acidez se mide a través del método de la determinación de la acidez, considerándose seguidamente este último:

- Descripción de la determinación de la acidez “Análisis de TAN”:
 - Equipo
 - Consola
 - Frasco para medir TAN
 - Frasco con muestra de aceite
 - Tubo de vidrio con capacidad de 10 ml
 - Equipo de protección personal

- Reactivo
 - Reactivo D
 - Reactivo E

- Procedimiento para realizar análisis:
 - Seleccionar modo 5 pulsando la tecla M (ver figura 43).

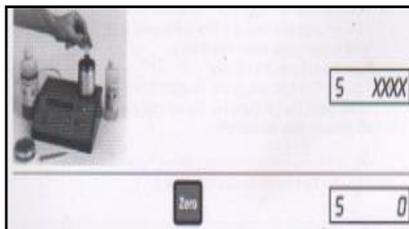
Figura 43. **Selección de programa para analizar TAN**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 146.

- Llenar el tubo de vidrio hasta la línea con reactivo D. Luego colocar el tubo ya tapado en el frasco de TAN y presione cero (ver figura 44).

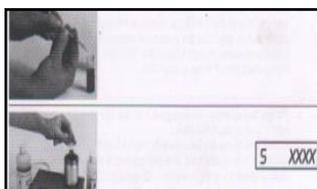
Figura 44. **Colocación tubo de vidrio en frasco de TAN**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 148.

- Agitar el frasco con la muestra de aceite; y con la jeringa agregar 1 ml de aceite en el tubo de vidrio y agitar, luego volver a colocar el tubo de vidrio en la celda del frasco para medir TAN, tomar nota del valor (ver figura 45).

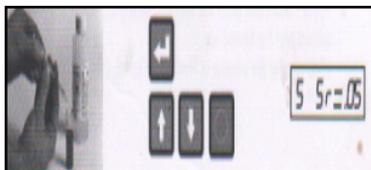
Figura 45. **Vertido de aceite en tubo de vidrio**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 148.

- Seguidamente agregar reactivo E en tubo de vidrio y colocarlo en la celda del frasco de TAN, ver la pantalla de la consola y dejar de verter reactivo E al tubo de vidrio hasta que la pantalla de la consola marque cero.
- Ingresar el valor del reactivo E gastado en la consola presionando la teclas que muestra la figura.

Figura 46. **Ingreso del valor gastado del reactivo E**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 149.

- Para finalizar presionar enter y la pantalla mostrará el valor de TAN de la muestra analizada (ver figura 47).

Figura 47. **Resultado del análisis**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 149.

3.4.3. Hoja de control de resultados de los análisis

Llevar un control adecuado de los resultados que se van obteniendo durante el proceso de realización de los análisis de aceite en cada uno de los motores es vital, debido a que del buen control de estos resultados dependerá la interpretación correcta de los mismos.

La hoja de control (ver tabla VII) debe contener la información bajo el siguiente formato:

Tabla VII. Hoja de control de resultados de los análisis de aceite

HOJA DE CONTROL DE ANÁLISIS DE ACEITE DE MOTORES													
Analista:							Fecha:						
Reportado a:							Empresa:						
Análisis	Límites de control	PLANTA GENERADORA 1				PLANTA GENERADORA 2						GCA	
	Mín - Máx	MAK 3	MAK 4	MAK 6	MAK 7	MAK 8	MAK 9	MAK 10	MAK 11	MAK 12	MAK 13	GCA 1	GCA 2
Viscosidad (cSt)	140 - 160	150											
Densidad (gr/cm ³)	Máx 0,910	0,91											
TBH (mg KOH/gr)	25 - 40	27											
TAH (mg KOH/gr)	Máx 3												
Insolubles (% m/m)	Máx 0.1												
Contenido de agua (% v/v)	Máx 0.2												
Los análisis muestran lo siguiente:													
												_____ Jefe de planta	

Fuente: elaboración propia.

Uso y manejo de la hoja de control de resultados tabla VII:

- Escribir con claridad en los espacios en blanco el nombre completo del analista, el nombre de la persona a quien se le reportarán los resultados de los análisis, la fecha en que se están realizando y el nombre de la empresa.

- La hoja de control muestra con claridad los análisis a realizar de arriba hacia abajo, los límites máximos y mínimos a los que deben estar los resultados de cada uno de los análisis, y la separación de motores por cada planta de generación de energía en su orden, planta generadora 1, planta generadora 2 y planta GCA, de izquierda a derecha.
- Haciendo referencia en la hoja de control de resultados a la planta generadora 1 motor Mak 3. En los espacios en blanco (ver tabla VII) de arriba hacia abajo se colocan los resultados conforme se van obteniendo; así sucesivamente para cada motor.
- La hoja de control en su parte inferior hace referencia a: los análisis muestran lo siguiente; aquí en este espacio en blanco se escribe en forma breve la interpretación de los resultados como conclusiones según los resultados obtenidos para cada motor.
- Por último, en su parte inferior lado derecho de la hoja de control se presenta un espacio destinado especialmente para la firma o visto bueno del jefe de planta, lo cual hace constar que lo realizado por el analista está bien. Son dos hojas de control, una hoja de control es para el jefe de planta y la otra para el analista del laboratorio.

3.4.3.1. Interpretación de resultados

La interpretación de los resultados del análisis de muestras de aceite en el laboratorio es una parte muy importante, pues de este paso dependen las decisiones que se tomen para el mantenimiento de los motores. Se cuenta con una tabla (ver tabla VI), la cual describe claramente los límites permisibles a los

que deben permanecer los resultados de los análisis; esto para asegurar con precisión, que la interpretación será la correcta.

La interpretación de los resultados permite conocer si un equipo funciona normalmente o bien detectar fallas mecánicas de sus partes lubricadas; esto implica tomar el tiempo de las acciones necesarias para alargar tanto la vida efectiva de este, como también la del lubricante, lo que se traduce en un logro de mayor rendimiento de los motores.

En esta sección se define claramente la interpretación de los resultados de los análisis, la cual depende de la maquinaria que se este analizando y de la prueba que se está efectuando, por eso a continuación se mencionan las posibles causas de contaminación que puede presentar el aceite lubricante de los motores según los análisis que se realizan, y su interpretación son como sigue:

- Viscosidad: la viscosidad es la propiedad más importante de un aceite lubricante porque dependiendo de ella se da la velocidad de lubricación. El fabricante de los motores sabe que viscosidad debe llevar, por lo tanto si la viscosidad se sale del rango permisible, se esperan problemas serios de calentamiento e inadecuada lubricación que resultan en un bajo rendimiento del aceite y deterioro de los principales componentes del motor.

Bajas viscosidades pueden causar desgaste excesivo en componentes de los motores debido a fricciones altas, calentamiento en exceso de componentes de los motores, baja protección contra la corrosión, baja transmisión de potencia. Altas viscosidades pueden causar la no facilitación del movimiento de

piezas provocando un consumo mayor de energía, baja transmisión de calor, mejoramiento de la estanqueidad, entre otros.

La viscosidad es una de las propiedades del aceite que puede alterarse más fácilmente en los aceites para motores de combustión interna. Un aumento de viscosidad puede ser originado por:

- Contaminación del aceite con combustible remanente de mayor viscosidad.
- Formación de emulsiones con agua.
- Suministro de aceite de mayor viscosidad como relleno.
- Oxidación del aceite debido a altas temperaturas de operación.
- Contaminación con materias insolubles.

Por otra parte una disminución de viscosidad puede ser debida a:

- Dilución con combustible liviano.
 - Uso de aceites de menor viscosidad como relleno.
-
- Basicidad o Número básico total (TBN): los motores de combustión interna que utilizan bunker o diésel como combustible, necesitan de aceites lubricantes formulados con aditivos alcalinos, los cuales tienen como función principal neutralizar los ácidos fuertes producidos a partir del azufre que contiene el combustible.

El aceite lubricante se expone continuamente a la combustión ácida de los combustibles y estos deben neutralizarse antes de que puedan corroer las partes del motor. La medida de basicidad del aceite, indica la capacidad neutralizadora remanente del mismo. A medida que merman las propiedades

lubricantes del aceite, se hace evidente que aumente la posibilidad de formación de ácidos corrosivos en el motor, estos ácidos corroen sus partes metálicas a la vez que favorecen la formación de lodo y barniz en el cárter y ranuras de los pistones respectivamente.

Los motores que operan con combustibles residuales pesados son expuestos a regímenes de combustiones más corrosivas. Altos valores de TBN en el aceite conducen al menor desgaste de camisas de cilindros y anillos, como también, a menos depósitos de barniz, lacas, herrumbre y lodos en las partes críticas del motor. En general, el mínimo valor de basicidad (TBN) permitido en aceites lubricantes para motores Mak de combustión interna, es 25 mg KOH/gr. Si se observan valores menores a este se recomienda hacer un relleno o endulzado de aceite al motor. Una disminución rápida del TBN, puede ser causada por alto consumo de aceite, volúmenes pequeños de relleno o altos niveles de azufre en el combustible.

- Densidad: a pesar de que es uno de los parámetros más importantes para medir, es poca la interpretación que se puede hacer en cuanto a cualquier resultado que pueda dar su análisis. La importancia del conocimiento de su valor es que a través de su valor se puede ajustar el sistema de las separadoras para la limpieza del aceite, y al realizar este ajuste se obtiene que las separadoras operen eficazmente y que el aceite a su ingreso al motor esté sumamente libre de sedimentos e impurezas. Otro factor que hace importante el conocimiento de la densidad del aceite lubricante requerido para el funcionamiento del aceite internamente en los motores, es que el aceite es pedido por su peso, pero proporcionado por su volumen, esto para cuestiones de almacenamiento.

- Insolubles: se refieren a la cantidad de material sólido contaminante presente en el aceite usado. Esta prueba es muy aplicable a los aceites de motores de combustión interna, específicamente a los que funcionan con diésel o bunker; debido a que la contaminación en estos motores excede a la de cualquier otro sistema de lubricación. Los contaminantes más comunes pueden ser:
 - Productos resultantes de la oxidación del aceite tales como ácidos, laca y barniz.
 - Herrumbre y partículas metálicas del desgaste.
 - Polvo, fibras y contaminantes provenientes del medio exterior.
 - Productos procedentes de la combustión como hollín y carbón.

En general, si los insolubles son bajos, indica que el aceite está en buenas condiciones. Una cantidad relativamente grande de insolubles, indica la presencia de contaminantes como hollín, y contaminantes exteriores provenientes del aire atmosférico utilizado en la combustión. Generalmente resultados mayores del 0,1 % m/m no se aceptan ya que son indicios de presencia de contaminantes.

La contaminación viene principalmente de los productos de la combustión, la ceniza del combustible, carbono, alto contenido de asfáltenos, presencia de azufre, óxido parcial en el combustible más una pequeña contribución de productos de oxidación de aceite y el aditivo gastado por el lubricante. El mayor contribuyente es el hollín de la combustión.

Altos niveles de insolubles causarán: incremento en la viscosidad, obstaculización o taponamiento de tuberías, mangueras y filtros de aceite, desgaste en camisas, anillos, pistones del motor, tejas y demás elementos que estén en contacto directo con el medio lubricante.

- Contenido de agua: el agua no se mezcla con el aceite en grandes proporciones. Esto hace que se deposite en el fondo y produzca oxidación en partes metálicas. Una parte pequeña de aceite si se mezcla con el agua, forma una emulsión, la cual consiste en una sustancia de aspecto lechoso que no tiene ninguna propiedad lubricante.

El agua es un contaminante indeseado debido a que causa diferentes problemas dentro del sistema de lubricación, favorece la herrumbre en las partes ferrosas del motor, da origen a la corrosión, origina efectos adversos en los aditivos, reduce la cantidad de lubricación, degrada el aceite, contribuye a la formación de lodo y emulsiones.

En ocasiones causa la totalidad de la inestabilidad y desaparición del paquete aditivo de los aceites lubricantes. Los problemas ocurrirán, visibles o no, en cualquier sistema en el que la presencia sea de más del 0,2 % v/v en agua, lo que daría indicios de que existe una filtración en el sistema de lubricación. Por lo regular grandes cantidades de agua en el aceite, pueden ser señal de filtraciones por las empacaduras del motor.

El agua es contaminante importante dentro del sistema de lubricación de los motores debido a su potencial para poder causar fallas en un gran número de mecanismos. Existen muchas fuentes potenciales de contaminación de agua en las que se mencionan algunas: humedad atmosférica, enfriadores de aceite, culata de motores, separadoras de aceite, soplo por los gases de combustión, condensación, entre otros.

- Número ácido total (TAN): la acidez de un lubricante se expresa por el número de neutralización conocido como número ácido total. La alcalinidad de los aceites se ve reducida por el efecto de neutralización

que llevan los productos ácidos que se obtiene de la combustión. La acidez da un parámetro claro en relación con la basicidad, debido a que entre mayor es el grado de acidez en un aceite menor es el grado de basicidad del mismo y viceversa; por lo que al interpretar resultados hay que tomar en cuenta ambas pruebas.

Los aceites reaccionan continuamente con oxígeno atmosférico para producir productos de la oxidación orgánicos que son ácidos en la naturaleza. A temperatura ambiente, esta reacción es muy tardada y tiene un efecto pequeño en las condiciones del aceite, pero a temperaturas de operación elevadas las proporciones de la reacción son bien altas.

Los productos de degradación son los ácidos, ellos provocan que los aditivos alcalinos del TBN no reaccionen fácilmente provocando viscosidad de aceite elevadas, dando lugar al depósito de lacas en superficies calientes. La acidez en el aceite es una indicación de que los aditivos alcalinos han sido agotados por lo que hay riesgo de corrosión severa. Un alto grado de acidez causará: formación de lacas en las superficies metálicas, viscosidad alta, alta corrosión particularmente si esta presente el agua o no, aumento en el cambio de color del aceite, formación de encías, entre otros.

3.4.4. Control estadístico de muestras de aceite lubricante

Las razones para monitorear los resultados de los análisis son:

- Controlar la contaminación es el primer paso y el más crítico en el análisis de aceite.

- Detectar fallas de aplicación: presión alta, temperatura, vibración, fallas en arranque, fatiga.
- Detectar a tiempo alguna falla en progreso: del aceite lubricante, de los motores, de las condiciones, entre otros.
- Detectar rápidamente cualquier cambio en el ingreso de contaminantes.
- Determinar el tiempo de duración de filtros.
- Detectar filtros en mal estado.
- Detectar filtros no adecuados para remover impurezas.
- Mayor control para la detección de fallas en los motores.
- Interpretación correcta de los resultados.

3.4.4.1. Estándares y especificaciones de viscosidad de aceite

Las especificaciones sobre viscosidad están delimitadas por la SAE para aceites automotrices y por la ISO para aceites industriales. Estos estándares y especificaciones (ver tabla VIII Y IX) permiten visualizar de mejor forma dependiendo del grado del aceite ya sea SAE o ISO, los valores límites de viscosidad de los aceites a ciertas temperaturas; lo que hace contar con más información sobre el aceite que se está empleando para la elaboración efectiva de los gráficos de control.

Tabla VIII. Límites permisibles de viscosidad SAE para aceites de motor

GRADO SAE	VARIACIÓN	Viscosidad media. [cSt a 100 °C]	VALOR INFERIOR [cSt a 100 °C]	VALOR SUPERIOR [cSt a 100 °C]
0W	NO HAY	-	3,8	-
5W	NO HAY	-	3,8	-
10W	NO HAY	-	4,1	-
15W	NO HAY	-	5,6	-
20W	NO HAY	-	5,6	-
25W	NO HAY	-	9,3	-
20	± 24,83 %	7,45	5,6	9,3
30	± 14,68 %	10,9	9,3	12,5
40	± 13,19 %	14,4	12,5	16,3
50	± 14,66 %	19,1	16,3	21,9
60	± 8,75 %	24	21,9	26,1

Fuente: *Manual de apoyo para el curso de lubricación Maraven, S. A.*

Tabla IX. Especificaciones de viscosidad ISO

GRADO ISO	VARIACIÓN	Viscosidad media [cSt a 40 °C]	VALOR INFERIOR [cSt a 40 °C]	VALOR SUPERIOR [cSt a 40 °C]
2	± 10 %	2,2	1,98	2,42
3	± 10 %	3,2	2,88	3,52
5	± 10 %	4,6	4,14	5,06
7	± 10 %	6,8	6,12	7,48
10	± 10 %	10	9	11
15	± 10 %	15	13,5	16,5
22	± 10 %	22	19,8	24,2
32	± 10 %	32	28,8	35,2
46	± 10 %	46	41,6	50,6
68	± 10 %	68	61,2	74,8
100	± 10 %	100	90	110
150	± 10 %	150	135	165
220	± 10 %	220	198	242
320	± 10 %	320	288	352
460	± 10 %	460	414	506
680	± 10 %	680	612	748
1000	± 10 %	1 000	900	1 100
1500	± 10 %	1 500	1 350	1 650

Fuente: *Manual de apoyo para el curso de lubricación Maraven, S. A.*

3.4.4.2. Establecimiento de límites de control

Para el servicio del laboratorio interesa monitorear la variación de la viscosidad del aceite de los motores. Como en el laboratorio el aceite no se produce ni se comercializa, no interesa aplicar los gráficos de control para controlar el proceso de producción del aceite, sino que mas bien interesan los gráficos de control para poder observar las tendencias de aumento o disminución de la viscosidad, o de condición del aceite y cuidar que las variables de control no se salgan de los límites permisibles anteriormente especificados.

Es por esto que los límites de control para el monitoreo de la viscosidad y demás parámetros de los aceites son iguales a las especificaciones, porque no se está controlando un proceso de producción de aceites sino que se controla el desempeño del aceite dentro de los motores para evitar fallas en los mismos.

3.4.4.3. Gráfico de control para viscosidad

El gráfico de control de viscosidad ayuda a una mejor visualización de la tendencia al aumento o a la disminución de la misma en un período de tiempo determinado.

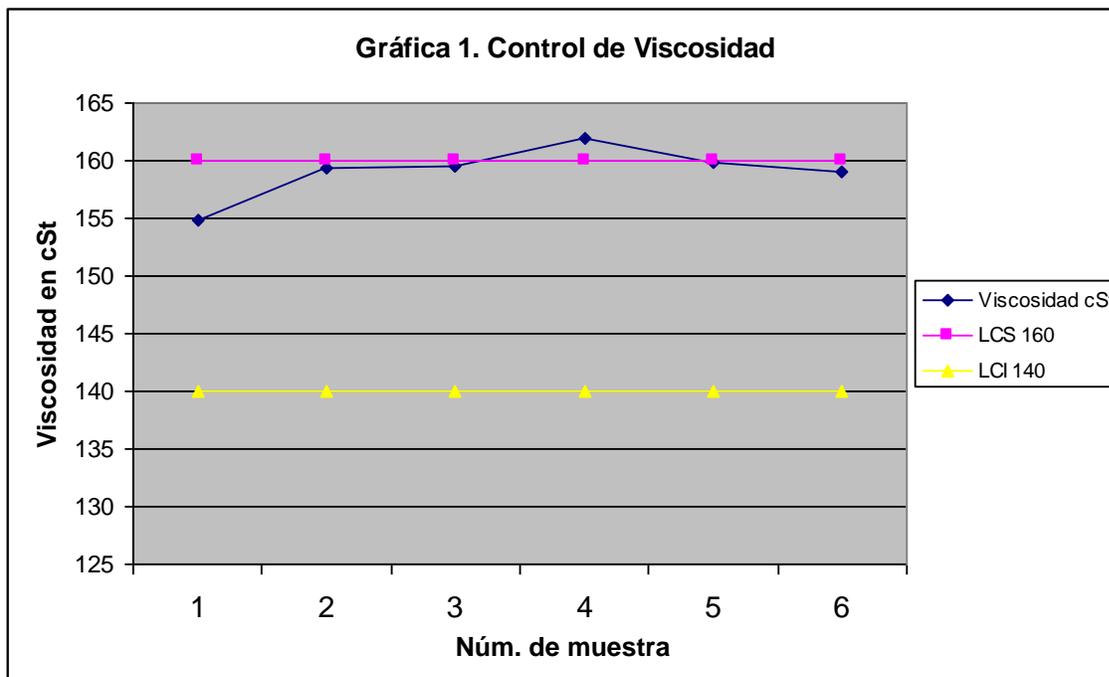
A continuación se presenta (ver tabla X) un ejemplo del monitoreo que se le hizo al motor Mak 10 de la planta generadora en forma mensual durante seis meses, con lo cual se dio paso a elaborar el gráfico 1.

Tabla X. **Lecturas de viscosidad a 40 °C en cSt del motor Mak 10**

Núm. Muestra	1	2	3	4	5	6
Viscosidad	154,9	159,3	159,5	162,0	159,8	159,1

Fuente: elaboración propia.

Figura 48. **Control de viscosidad en aceite**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Los valores límites de la gráfica 1 han sido tomados de la tabla VI, en la cual se especifica claramente los valores para el límite de control superior de 160 cSt a 40 °C, y el límite de control inferior de 140 cSt a 40 °C; no se tomaron los límites de la tabla VII y VIII debido a que estas tablas se emplean cuando no existen límites de viscosidad definidos por los fabricantes de los motores; en

este caso se recurre a ellas. En el caso del ejemplo propuesto los límites ya están definidos por el fabricante de los motores de acuerdo al aceite lubricante que se utiliza.

3.4.4.4. Análisis de causas de variación en el diagnóstico

Después de la elaboración cuidadosa del gráfico de control para viscosidad queda el último paso, que es encontrar la causa de la variación de la viscosidad encontrada y esto solo se puede hacer observando el gráfico de control estadístico.

Si se observa el gráfico se puede notar que la viscosidad se mantuvo entre los límites permitidos, a excepción de la viscosidad de la muestra 4 que tiene una viscosidad de 162 cSt. El gráfico muestra claramente que a partir de la muestra 1 la viscosidad empezó a incrementarse hasta salirse de su límite permitido en la muestra 4, y luego empezó a disminuir como lo enmarcan las muestras 5 y 6.

Puede detectarse una causa asignable observando la sección 3.4.3.1., que trata de la interpretación de los resultados en este caso viscosidad específicamente.

- El aumento de la viscosidad y la disminución inmediata de la misma deja claro que se debió a que en algún momento se rellenó o endulzó el aceite del motor con aceite nuevo, y esto produjo una elevación de la viscosidad provocando que se saliera de su límite superior permisible, ya que seguidamente la muestra 5 y 6 permiten ver relativamente una disminución notable de la viscosidad.

- Por otra parte no hay que descartar también que el aumento de la viscosidad en la muestra 4 puede ser por la presencia de agua en el aceite la cual origina emulsiones altamente viscosas, por oxidación del aceite, o contaminación con materiales insolubles, o también por contaminación del aceite con combustible de mayor viscosidad en su caso bunker.
- Todas estas otras posibilidades quedan descartadas debido a que en su momento también se hicieron estos análisis, los cuales muestran estar entre los límites permisibles; por lo que la lógica, los conocimientos y el control de los otros resultados de los análisis dicen que fue por el endulzado o relleno de aceite nuevo al tanque de circulación del motor, ya que en ese momento también se hizo análisis de TBN y dio un valor bajo por lo que se procedió a hacer un endulzado del 10 % al motor para aumentar el TBN del aceite, lo que provocó el aumento de la viscosidad; por lo tanto no hay por que preocuparse ya que se mantienen las lecturas entre los rangos.

3.4.5. Conclusiones de resultados

Se debe estar consciente que en la presentación de las hojas de control de resultados al jefe de planta, se está juzgando la confianza del analista del laboratorio y del laboratorio como medio de servicio. Por lo que las conclusiones deben ser lo más breves y certeras posibles (ver tabla XI), tomando muy en cuenta los resultados de los análisis, esto para que cuando se pase esta información al jefe del Departamento de Operaciones y Mantenimiento se tomen conjuntamente decisiones correctas para el corregimiento de las fallas si existieran y para llevar un control eficiente del comportamiento del aceite en los motores. Las conclusiones se obtienen de la interpretación de los resultados.

Tabla XI. Informe de análisis de aceite

HOJA DE CONTROL DE ANÁLISIS DE ACEITE DE MOTORES													
Analista: Christian Peña							Fecha:						
Reportado a: Ing. Mario del Valle							Empresa: Generadora de Sur						
Análisis	Límites de control Mín - Máx	PLANTA GENERADORA 1				PLANTA GENERADORA 2						GCA	
		MAK 3	MAK 4	MAK 6	MAK 7	MAK 8	MAK 9	MAK 10	MAK 11	MAK 12	MAK 13	GCA 1	GCA 2
Viscosidad (cSt)	140 - 160	140,4	142,3	159,1	155,7	157,4	153,7	162	156,4	155,2	157,2	159,8	160
Densidad (gr/cm ³)	Máx 0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992
TBN (mg KOH/gr)	25 - 40	28,4	26,1	25	26,6	25,2	25,2	23,1	25,1	26	28	25,4	26,1
TAN (mg KOH/gr)	Máx 3												
Insolubles (% m/m)	Máx 0,1	0,09	0,09	0,09	0,09	0,1	0,1	0,1	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Contenido de agua (% v/v)	Máx 0,2	insignificante	0,36	insignificante	insignificante	insignificante	insignificante	insignificante	insignificante	insignificante	insignificante	insignificante	insignificante

Los análisis muestran lo siguiente: Solo el motor 10 presenta variación en sus resultados, el resto opera de acuerdo a sus límites.

Conclusión de resultados

MAK 10: - Viscosidad alta debido a endulzado del 10% de aceite en tanque de circulación del motor.
 - Densidad de acuerdo a su límite máximo esperado.
 - Bajo TBN debido a la disminución de las propiedades alcalinas del aceite.
 - TAN no se analizó,
 - Contenido de insolubles en su límite máximo esperado.
 - Contenido de agua insignificante.

Fuente: elaboración propia.

3.4.6. Medidas a tomar de acuerdo a resultados obtenidos

Dependiendo de los resultados que se obtengan luego de la conclusión de resultados; el jefe del Departamento de Operaciones y de Mantenimiento son los encargados de tomar decisiones al momento de corregir fallas o averías de acuerdo al informe presentado. A pesar de esto el analista del laboratorio

puede presentar posibles sugerencias para facilitar y ayudar así el proceso de detección de fallas.

De acuerdo a los resultados y a las conclusiones obtenidas se sugiere lo siguiente:

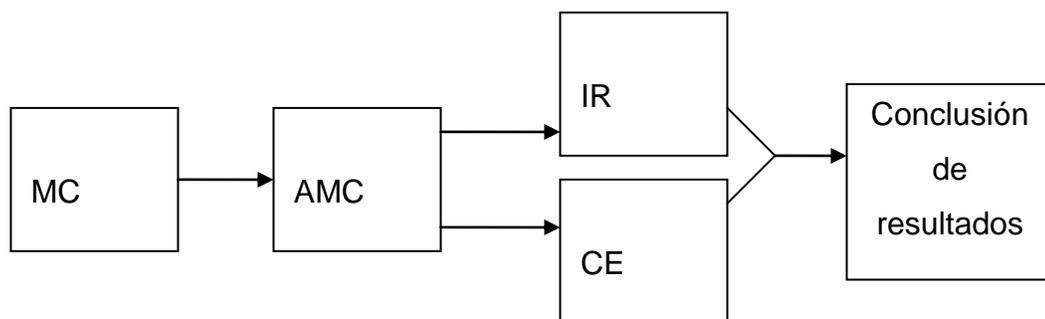
- Los contaminantes como el agua e insolubles han llegado a estar bajo control, por lo que se recomienda seguir con el período actual de limpieza y revisión de filtros y continuar con el muestreo periódico de aceite, ya que ninguno tiene tendencia a aumentar salvo el contenido de agua en el aceite del motor Mak 4, que hay que controlar que no vaya a aumentar demasiado.
- La viscosidad en el motor Mak 10 tuvo variación, por lo que se recomienda anotar la fecha correcta en la que se realizó el endulzado o relleno para tener un mejor control.
- El TBN en el aceite disminuyó debido a la pérdida de sus propiedades alcalinas. Esto es normal en estos motores, se recomienda hacer otro endulzado del 10 % de aceite para recuperar estas propiedades perdidas, y luego del endulzado se sugiere sacar muestras por tres días seguidos y analizar el TBN y su viscosidad para ver el comportamiento después del endulzado.

3.5. Sistema de análisis de combustible (bunker)

En el sistema propuesto (ver figura 48) los elementos que lo componen son los siguientes:

- Muestreo de combustible (MC)
- Análisis de muestras de combustible (AMC)
- Interpretación de resultados (IR)
- Control estadístico de muestras (CE)
- Conclusión de resultados

Figura 49. **Esquema del sistema de análisis de combustible**



Fuente: elaboración propia.

3.5.1. Muestreo de bunker

Los análisis a los que va a ser sometida la muestra de bunker influyen directamente sobre el muestreo, por lo que el procedimiento de muestreo es importante y se debe realizar adecuadamente. Debido a que el bunker es un combustible elaborado a partir de combustibles residuales obtenidos de procesos de refinación del petróleo crudo, se hace más evidente y más fácil su contaminación por lo que se debe realizar en lo posible un procedimiento de muestreo cuidadoso.

El bunker no debe estar contaminado con agentes extraños, en caso contrario, se puede dificultar el proceso de análisis; con lo que al realizar un

procedimiento adecuado la posibilidad de obtener resultados inciertos se reduce completamente.

A continuación se describe la manera correcta de realizar el muestreo de bunker.

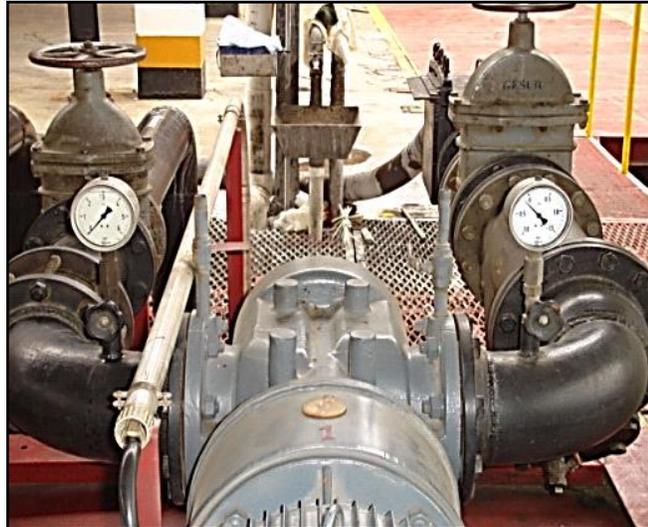
3.5.1.1. Dónde tomar la muestra

La selección del lugar óptimo para la toma de muestras va a depender de lo que se quiera obtener, aun conociendo los tipos de análisis a realizar.

Si lo que se quiere es determinar la calidad de combustible que se está comprando para su uso en los motores de acuerdo a las especificaciones establecidas por el fabricante; entonces la muestra debe ser representativa de la pipa del camión que está realizando la descarga en ese momento y debe ser tomada en el orificio de muestreo que se encuentra en el manómetro. Manómetro que está ubicado en la salida de la bomba de descarga de bunker (ver figuras 49 y 50).

Ahora bien, si lo que se quiere es conocer el estado del combustible que está en los tanques de almacén antes de su uso en los motores; entonces la muestra se debe tomar en las válvulas de muestreo que están en los tanques.

Figura 50. **Bomba de descarga de bunker**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

Figura 51. **Punto óptimo para la toma de muestra de bunker**



Fuente: carretera al Pacifico, Amatitlán.

Se debe tener en cuenta, siempre que se estén tomando muestras de bunker, bien sea para determinar su condición para su uso o para saber si está

contaminado, que las muestras se deben tomar cuando la descarga de bunker en la pipa del camión va a más de la mitad, esto para que las características de la muestra de bunker sean proporcionales a la de toda la pipa.

3.5.1.2. Frecuencia de muestreo

Los períodos de muestreo necesarios para el funcionamiento de el sistema diseñado (ver tabla XII) es igual al período en el que se descarga bunker en la planta generadora, debido a que se requiere homogeneidad de los resultados del análisis para los gráficos de control.

Por lo tanto la frecuencia de muestreo será un buen elemento a tomar en cuenta para la obtención de buenos resultados, y que de no ser así influirá considerablemente en análisis mal efectuados y mala interpretación de los resultados.

Tabla XII. **Frecuencia de muestreo de bunker**

Aplicación	Frecuencia (en días)	Frecuencia (en hrs)
Utilizado como combustible en motores Mak estacionarios	Análisis de viscosidad (diario)	Cada 24 hrs

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se observa con claridad que el análisis sobre el cual se tiene más control es la viscosidad, debido a que esta determina la complejidad del sistema de combustible, el resto de análisis como lo son análisis de

densidad, de insolubles, de *pour point*, de compatibilidad y de CCAI, pasan a formar parte de un programa no rutinario y se realizan cuando realmente existen sospechas sobre el funcionamiento anormal, o fuera de lo común de algún motor y equipo auxiliar, o cuando se necesitan hacer comparaciones respecto al reporte de análisis dado por el proveedor de combustible.

3.5.1.3. Método de sustraer la muestra

Las muestras pueden tomarse ya sea de una válvula de muestreo, de una válvula de drenaje o tubería auxiliar. Al tomar la muestra de bunker la cantidad inicial no debe ser descartada ya que la toma de la muestra se realiza cuando se ha descargado más de la mitad del combustible. Cuando la muestra se tome a través del orificio de drenaje se debe poner especial atención en la limpieza de la suciedad depositada en los alrededores del tornillo, esto para evitar cualquier tipo de contaminación no deseada.

3.5.1.3.1. Procedimientos adecuados en la toma de muestras

La toma de muestras de bunker es un procedimiento vital, pues el contenido de la muestra que es el bunker, es el objeto de trabajo del laboratorio; se debe evitar en lo posible que la muestra de bunker se contamine con tierra, basura, polvo, grasa; en caso contrario, se dificultará el proceso de análisis, afectando el desempeño del equipo de el laboratorio o en casos más severos, dañar su funcionamiento, también se afectarían los resultados de los análisis que traería como consecuencia una mala interpretación.

El procedimiento de la toma de muestras debe seguir los siguientes pasos:

- Solicitar el recipiente o frasco adecuado, este frasco está especialmente diseñado para la contención de bunker, lo proporciona el laboratorio.
- Verificar antes de su uso, que esté el recipiente libre de agentes extraños.
- Limpiar alrededores del punto óptimo de toma de muestra antes de proceder a la toma de la muestra; en este caso el orificio de toma de muestra ubicado en el manómetro de la bomba de descarga.
- Tomar la muestra y llenar el frasco hasta el nivel aproximado de llenado indicado en el frasco.
- Con el frasco en posición siempre vertical, encajar la tapadera para tapar el frasco.
- Transportar de manera adecuada la muestra hasta el laboratorio, para su posterior análisis.

3.5.1.3.2. Identificación y registro de la fuente de la muestra

La fuente de la muestra se refiere a la completa identificación del equipo o lugar de donde se extrae la muestra de bunker, pues es de suma importancia tener información sobre el número de pipa y camión que realizó la descarga o en otro caso el número de tanque de almacén de donde se obtuvo. Esto es importante en el momento de tomar la muestra, para evitar errores de asignación que entorpecería todo el proceso ya en el laboratorio; los datos que

deben identificarse y registrarse son los siguientes y para esto se hace relación a un ejemplo:

- Pipa núm. TF-5
- Capacidad de almacenaje: 9 000 gls
- Tanque en que se descargó combustible: tanque HT002
- Capacidad de almacén del tanque: 234 200 gls

3.5.1.4. Tamaño de la muestra

Las cantidades de bunker que deben ser tomadas y enviadas al laboratorio para su posterior análisis son variables. Existen algunas especificaciones de los laboratorios que en la actualidad manejan, pero el propósito de este informe es diseñar un nuevo sistema de análisis, el cual reduzca costos de inspección en la toma de muestras.

La cantidad de bunker que garantiza efectuar pruebas efectivas para determinar el estado de este 100 ml estandarizado.

3.5.1.5. Condiciones para tomar la muestra

En todo caso al muestrear bunker, debe ponerse especial cuidado en evitar que la muestra se contamine con algún material extraño (ya sea del frasco donde se depositará la muestra, herramientas usadas o el ambiente circundante en su caso tierra, basura, grasa, polvo); cualquier descuido en la toma de la muestra puede incitar a obtener muestras no representativas, cuyas pruebas darían resultados no reales, lo cual puede conducir a interpretaciones, conclusiones y recomendaciones erróneas al presentar el informe final de los análisis.

3.5.1.5.1. Cómo obtener una muestra representativa

Una muestra representativa es fundamental para los análisis de bunker, por lo que el analista debe ejercer gran cuidado para asegurarse que las muestras son verdaderamente representativas del sistema.

A continuación se detallan algunas recomendaciones para obtener muestras representativas:

- Establecer un punto óptimo, preferentemente un punto de fácil acceso para la obtención de la muestra.
- Tomar las muestras preferentemente a la misma hora y tratar de coincidir con una misma pipa o camión.
- Asegurarse que los recipientes de la muestra estén limpios, secos y libres de posibles contaminantes.
- Siempre tomar las muestras en el mismo punto.
- Tomar las muestras en el orificio de drene del manómetro que se encuentra ubicado en la salida de la bomba de descarga.
- Cerciorarse cuidadosamente de que el punto en donde se va a tomar la muestra este libre de agentes extraños.

- Cerrar el frasco de la muestra herméticamente para evitar cualquier exceso de bunker del exterior de la botella, y así evitar cualquier contaminación de otros agentes durante su traslado al laboratorio.

3.5.2. Análisis de bunker métodos y procedimientos

El combustible (bunker) representa un recurso y costo mayor en el funcionamiento de los motores de la planta. Por lo que su efectiva selección a través de los resultados de los análisis viene a hacer que esto disminuya.

El propósito en sí de la realización de los análisis es proveer al motor un combustible limpio, y que sus características concuerden con los límites permisibles propuestos por el fabricante de los motores, para evitar con esto fallas en el sistema de combustible. El diseño del sistema propuesto se limita a un número restringido de pruebas. Estas pruebas pueden proporcionar un cuadro exacto de la condición o aptitud para el uso del bunker. Existe una gran variedad de pruebas que se emplean para establecer las condiciones y el comportamiento del bunker en el sistema de combustible de los motores.

Las pruebas de laboratorio constituyen una de las herramientas básicas para evaluar si el combustible (bunker) tiene las propiedades requeridas, para ser tomado en cuenta como fuente de alimentación para el funcionamiento de los motores. Estas pruebas se realizan con un solo objetivo y es tratar de alargar de esta manera la vida de los motores y equipos auxiliares utilizando un combustible de alta calidad.

3.5.2.1. Análisis de viscosidad

La viscosidad no es un criterio de calidad del combustible, sino, que determina la complejidad del sistema de calentamiento y manipulación de combustible, lo que deberá ser considerado al realizar los análisis. La viscosidad es una de sus principales características del combustible (bunker) y debe ser tomada en cuenta para su manejo adecuado, se expresa en centistokes (cSt) a la temperatura de análisis.

Es de vital importancia la realización del análisis de viscosidad y el conocimiento correcto de su resultado, ya que a través de este se puede estar seguro que en el sistema de combustible se está introduciendo el combustible adecuado, para el funcionamiento eficaz de los motores.

- Descripción detallada del método de viscosidad cinemática “Análisis de viscosidad”:
 - Equipo:
 - Viscosímetro
 - Extensión y regulador de energía
 - Frasco con muestra de bunker
 - Procedimiento para realizar análisis:
 - Sacar la válvula principal del viscosímetro (ver figura 51)

Figura 52. **Forma de sacar válvula principal**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 15.

- Colocar el viscosímetro verticalmente e insertar la bola de acero, posteriormente verter el bunker hasta la marca en forma de "V" que tiene en su interior el aparato (ver figuras 52 y 53).

Figura 53. **Forma correcta de verter la muestra de bunker en viscosímetro**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 150.

Figura 54. **Marca en forma de V interior viscosímetro**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 150.

- Colocar nuevamente la válvula principal del viscosímetro aflojando la perilla y presionando lentamente hacia abajo, hasta que todo el aire de su interior salga (ver figura 54).

Figura 55. **Forma de sacar el aire del interior del viscosímetro**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 152.

- Conectar el cable al viscosímetro y colocarlo horizontalmente sobre una superficie plana. Presionar Rst para reiniciar el aparato y ver que en la pantalla aparezca el modo 2 y cero a la izquierda del 2 (ver figura 55).

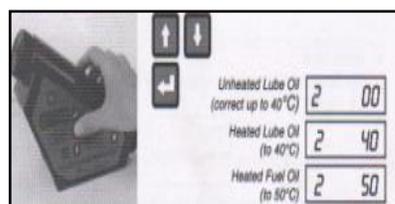
Figura 56. **Selección correcta de programa en viscosímetro**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 151.

- Presionar la flecha que indica hacia arriba, para hacer variar la temperatura; poner una temperatura de 50 °C (temperatura a la cual se mide la viscosidad del bunker). En la pantalla la temperatura empezará a parpadear y luego de unos minutos se estabilizará (ver figura 56).

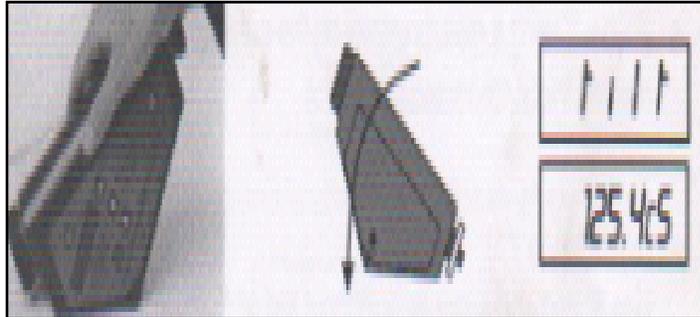
Figura 57. **Selección correcta de temperatura para análisis de viscosidad**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 151.

- Seguidamente la pantalla mostrará la palabra *tilt* (que significa inclinar), por lo que se procederá a mover el viscosímetro como lo muestra claramente la figura.

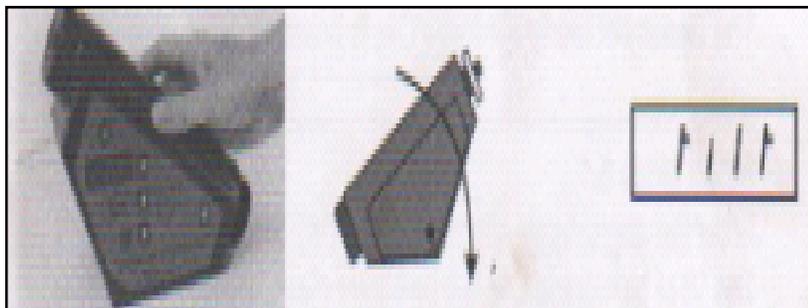
Figura 58. **Forma correcta de mover viscosímetro**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 152.

- Dependiendo de la viscosidad a la que se encuentre el aceite, así serán las veces que se tendrá que inclinar el viscosímetro de un lado a otro (ver figura 58).

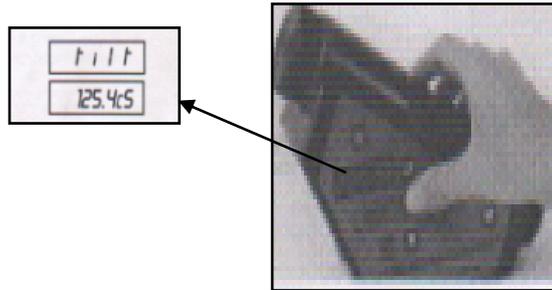
Figura 59. **Forma correcta para mover viscosímetro**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 152.

- Por último la palabra *tilt* dejará de aparecer y se procederá a tomar la lectura con la viscosidad que el viscosímetro marque, la figura lo muestra claramente.

Figura 60. **Toma correcta de lectura en pantalla de viscosímetro**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 123.

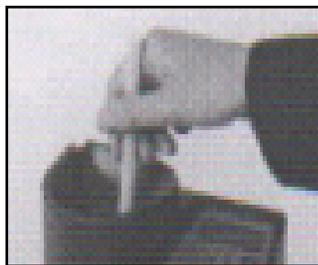
3.5.2.2. **Análisis de densidad**

No tiene relación directa con las características del combustible, pero es un dato necesario para los cálculos de balance de energía. La densidad es expresada en kilogramos por metro cúbico (Kg/m^3) a $15\text{ }^\circ\text{C}$. La densidad se obtiene para determinar el peso del combustible. Con esta información los operarios o encargados del manejo y control de los motores pueden ajustar adecuadamente las separadoras para la limpieza del combustible. La densidad máxima para la limpieza efectiva del combustible es de $991\text{ Kg}/\text{m}^3$.

- Descripción detallada del método de “Análisis de densidad”:
 - Equipo
 - Medidor de densidad
 - Hidrómetros
 - Frasco con muestra de bunker
 - Barra cilíndrica plástica
 - Equipo de protección personal

- Procedimiento para realizar análisis:
 - Presionar la tecla Rst que se encuentra en el medidor de densidad.
 - Verter el bunker en el medidor de densidad hasta la marca que tiene en su interior la celda del medidor de densidad y moverlo con la barra cilíndrica de plástico (ver figura 60).

Figura 61. **Forma de remover bunker en medidor de densidad**

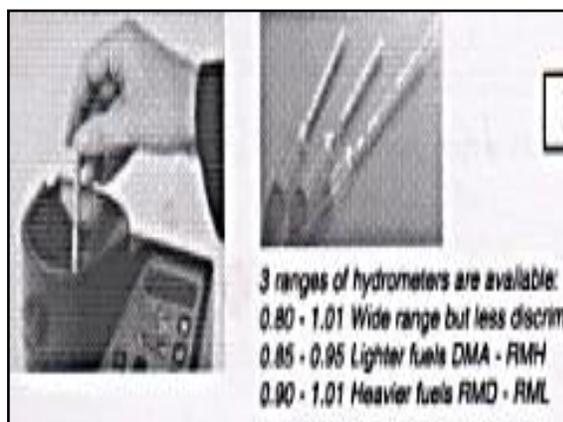


Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 153.

- Presionar M y poner el modo 1.
- Introducir el hidrómetro hasta el fondo en el medidor de densidad y esperar por unos segundos; seguidamente tomar nota del valor que indique el hidrómetro e ingresarlo en el medidor de densidad (ver figura 61 y 62). El equipo cuenta con 3 hidrómetros y cada hidrómetro es utilizado dependiendo que tan ligero o pesado es el fluido a analizar; en su caso bunker el hidrómetro a utilizar es el que esta en el rango de densidades entre 0,90-1,01, tomar en cuenta

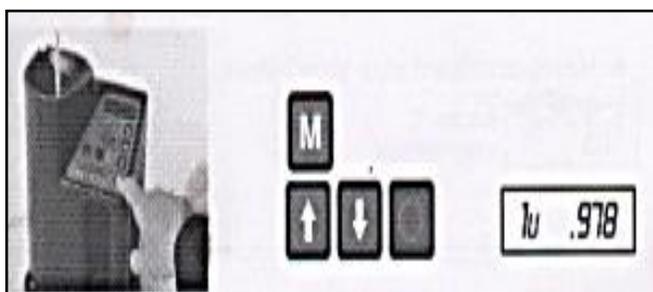
también que se puede emplear cualquiera de los 3 hidrómetros la diferencia no es muy significativa.

Figura 62. **Sumergido de hidrómetro en medidor de densidad**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 154.

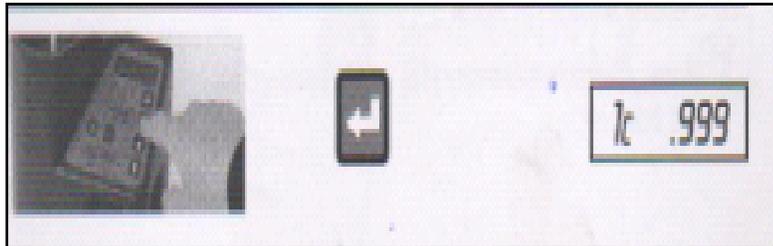
Figura 63. **Ingreso de valor teórico de densidad**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 155.

- Para finalizar se obtendrá en la pantalla del medidor de densidad la lectura correcta de la densidad del bunker analizado, a 15 grados centígrados en vacío (ver figura 63).

Figura 64. **Lectura correcta de densidad en bunker analizado**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 154.

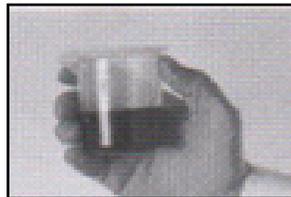
3.5.2.3. **Análisis de *pour point***

El análisis de *pour point* es vital, ya que permite conocer la menor temperatura en números múltiplos de 3 °C, en la cual el combustible todavía fluye, cuando es sometido a enfriamiento bajo condiciones definidas. Esto para tener un conocimiento claro de lo que puede representar un combustible solidificado en el sistema de combustible de los motores.

- Descripción detallada del método de *pour point* “Análisis de *pour point*”:
 - Equipo
 - *Beacker* de 100 ml
 - Frasco con muestra de bunker
 - Medidor de temperatura (termómetro digital)
 - Equipo de protección personal
- Procedimiento para realizar análisis

- Verter 50 ml de bunker en el *beacker*; de preferencia que el bunker esté a una temperatura entre 30 a 40 °C (ver figura 64).

Figura 65. **Forma correcta de vertido de bunker en *beacker***



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 154.

- Colocar el *beacker* ya sea en el refrigerador o en un recipiente con cubitos de hielo y en intervalos de cinco minutos, inspeccionar el *beacker* colocándolo horizontalmente, las figuras dan un claro ejemplo del procedimiento.

Figura 66. **Colocación correcta de *beacker* en recipiente con hielo**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 155.

Figura 67. **Inspección muestra de bunker en *beacker***



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 156.

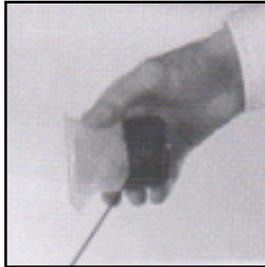
- Tomar la temperatura del bunker con el medidor de temperatura, cuando la superficie del bunker no se mueva al colocar el *beacker* horizontalmente durante un tiempo aproximado de 5 segundos (ver figuras 67 y 68).

Figura 68. **Toma correcta de temperatura a muestra de bunker**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 157.

Figura 69. **Inspección horizontal de muestra de bunker**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 155.

- El *pour point* o punto de escurrimiento será la temperatura que marque el termómetro digital.

3.5.2.4. Análisis de insolubles

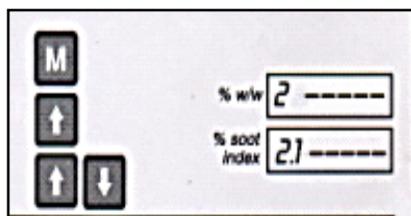
Todos los combustibles contienen sedimentos que consisten en residuos de hidrocarburos y materiales extraños. El análisis de sedimentos totales o insolubles está diseñado para determinar la cantidad de material no fluido en combustibles. Estos residuos de insolubles pueden ser arena, suciedad y óxido.

- Descripción detallada del método de “Análisis de insolubles”:
 - Equipo
 - Consola
 - Frasco para medir insolubles
 - Frasco con muestra de bunker
 - Tubo de vidrio con capacidad de 10 ml
 - Gotero
 - Equipo de protección personal

- Reactivo
 - Reactivo J

- Procedimiento para realizar análisis
 - Colocar frasco de insolubles en la consola y seleccionar modo 2 presionando las teclas que muestran la figura.

Figura 70. **Selección de programa para analizar insolubles**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 158.

- Llenar el tubo de vidrio con 10 ml, de reactivo J, taponarlo y colocarlo en la celda del frasco para medir insolubles (ver figura 70).

Figura 71. **Colocación de tubo de vidrio en frasco de insolubles**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 154.

- Girar la perilla del frasco para medir insolubles hasta que la pantalla muestre el valor de cero (ver figura 71).

Figura 72. **Selección correcta del valor cero haciendo girar la perilla**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 158.

- Agitar la muestra con bunker y con el gotero succionar un poco de este luego añadir una gota de bunker en el tubo de vidrio; agitarlo por unos segundos y esperar hasta que desaparezcan las burbujas (ver figura 72).

Figura 73. **Vertido de bunker en tubo de vidrio**

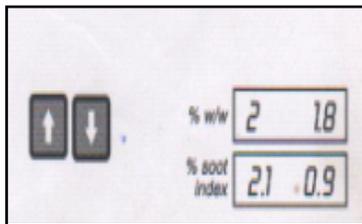


Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 158.

- Introducir nuevamente el tubo de vidrio en la celda del frasco para medir insolubles, esperar que se establezca la

lectura en la pantalla y luego tomar nota del resultado (ver figura 73).

Figura 74. **Resultado del análisis**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 158.

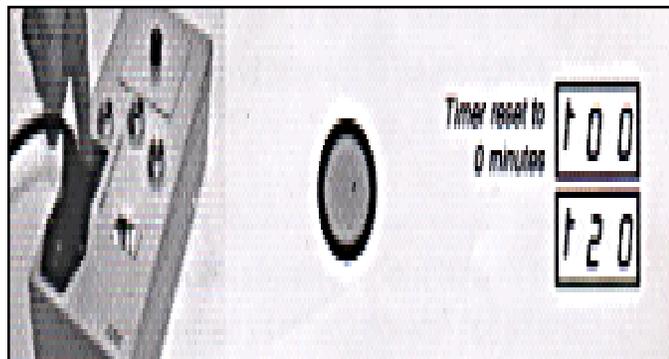
3.5.2.5. **Análisis de compatibilidad**

Aunque cada combustible se fabrica para ser estable dentro de sí mismo, hay tendencia a que presenten ciertas diferencias al ser analizados. La mezcla de dos o más combustibles, debe ser una mezcla homogénea en la que las propiedades deben permanecer en equilibrio estable; pero a veces esto no sucede por lo que se hace necesario la realización de pruebas para verificar la compatibilidad.

- **Equipo**
 - Medidor de compatibilidad
 - Frascos con muestras de bunker nuevo (nuevo bach) y bunker viejo (bach anterior)
 - *Kit* de papeles
 - Tubos de aluminio
 - Equipo de protección personal

- Procedimiento para realizar análisis:
 - Conectar aparato y dejarlo que caliente a 100 °C. La pantalla digital del medidor de compatibilidad mostrará el incremento de la temperatura hasta que llegar a los 100 °C.
 - Marcar tubos de aluminio con bunker nuevo (A), bunker viejo (B) y mezcla de bunker nuevo y bunker viejo (C). Seguidamente añadir 10 ml de bunker nuevo tubo de aluminio A, 10 ml de bunker viejo tubo de aluminio B y 5 ml de bunker nuevo más 5 ml de bunker viejo al tubo de aluminio C.
 - Introducir tubos de aluminio A y B en las celdas del medidor de compatibilidad y presionar Rst. El tiempo empezará a transcurrir, pasados 5 minutos se introducir en la celda el tubo de aluminio C (mezcla de A y B) y esperar que transcurran 15 minutos o cuando la pantalla marque 20 minutos (ver figura 74).

Figura 75. **Uso del medidor de compatibilidad**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 158.

- Transcurridos los 20 minutos, proceder a introducir en cada tubo de aluminio tomando uno por uno un tubo cilíndrico plástico y dejar caer una gota en cada uno de los papeles del *kit*, la figura muestra claramente el procedimiento.

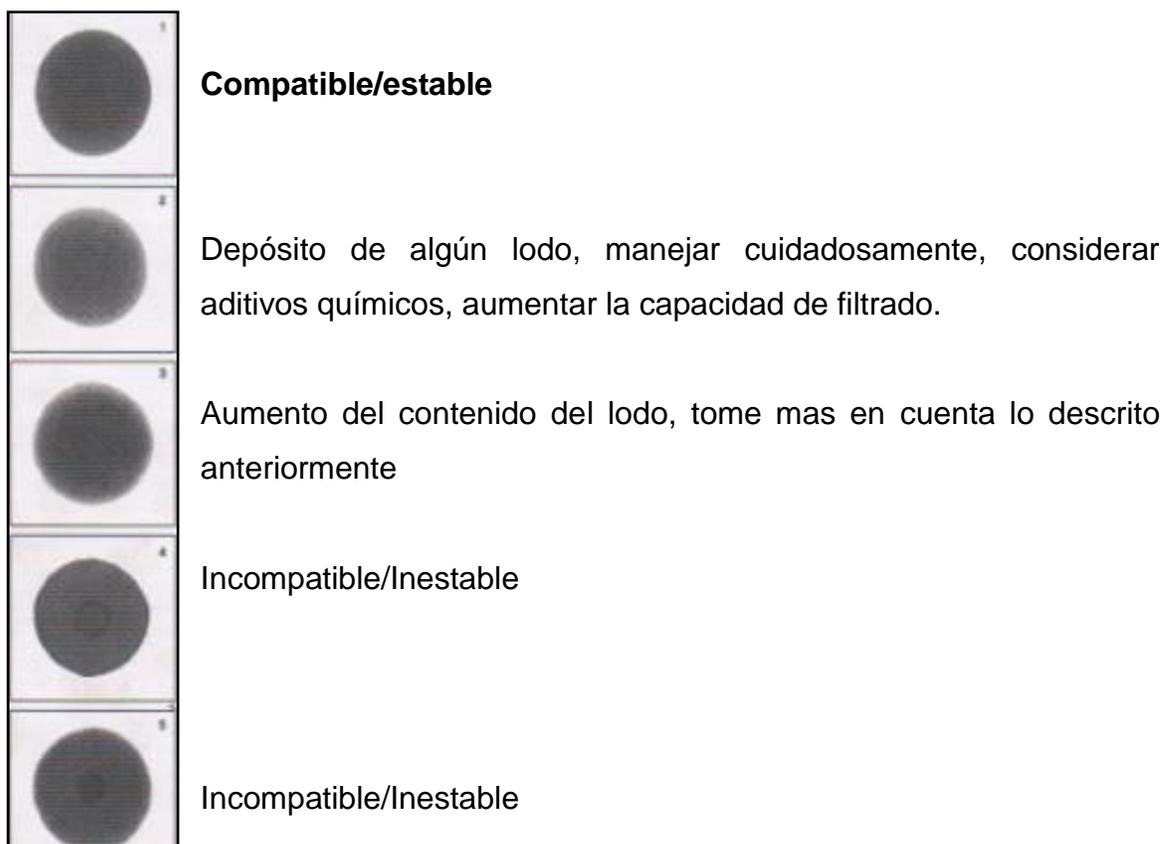
Figura 76. **Manejo *kit* de papeles**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 159.

- Colocar separadamente los papeles en el horno del mismo aparato y dejar que transcurran otros 20 minutos. Por último, se toman los tres papeles y se comparan entre ambos para poder concluir si es compatible el bunker nuevo con el bunker viejo. Para poder obtener un resultado confiable se compara cada papel (ver figura 76) con el *spot* de referencia; no tomar en cuenta diferencias en color, oscuridad global, tamaño de la mancha y apariencia en bordes externos, solamente deben examinarse las características del anillo del centro para determinar la compatibilidad.

Figura 77. Manejo cuadro de referencia



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 160.

3.5.2.6. Análisis de CCAI

Como indicador útil para la estimación del comportamiento del encendido resulta adecuado el denominado índice aromático de carbono calculado (CCAI), y está íntimamente relacionado con la calidad de ignición del combustible. El CCAI en sí, es un esfuerzo experimental por estimar cuanto tiempo el combustible tomará de la inyección a la ignición, o visto desde otro punto de

vista, la facilidad con que el combustible encenderá en la cámara de combustión y la probabilidad de daño a los motores.

Conociendo el valor del CCAI a través del análisis, el analista de laboratorio será capaz de juzgar la aceptabilidad de ese combustible para el funcionamiento eficaz de los motores.

El CCAI se puede determinar a partir de la densidad D (kg/m^3 a $15\text{ }^\circ\text{C}$) y viscosidad V (cSt a $50\text{ }^\circ\text{C}$) de acuerdo a la siguiente relación:

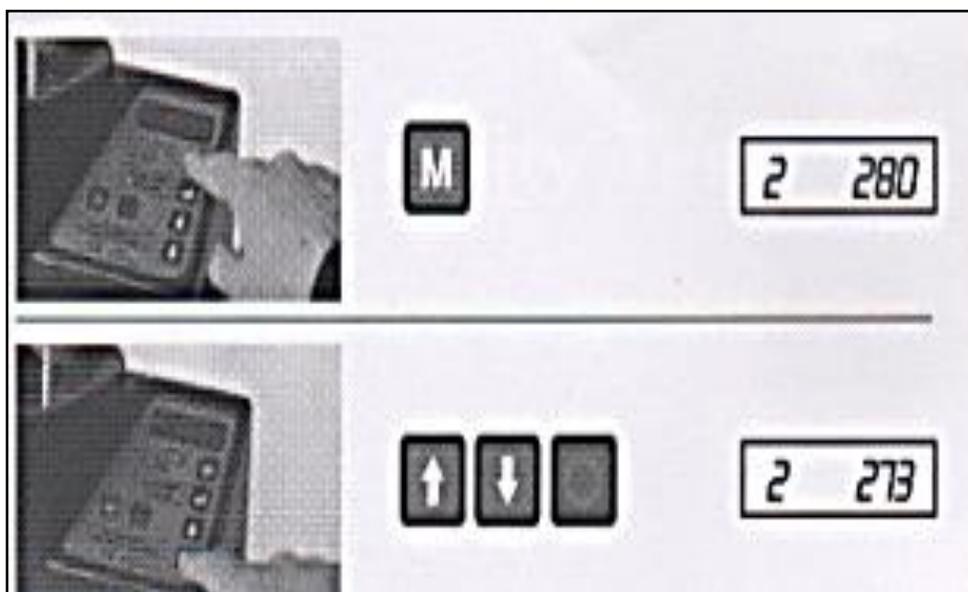
$$\text{CCAI} = D - 141 \log (V + 0,85) - 81$$

El CCAI también puede ser determinado a través de un análisis específico y se presenta a continuación:

- Descripción detallada del método de CCAI “Análisis de CCAI”:
 - Equipo:
 - Medidor de densidad
 - Frasco con muestra de bunker
 - Equipo de protección personal
 - Procedimiento para realizar análisis:
 - Para la determinación del CCAI, se hace necesario tener los valores tanto de la densidad como de la viscosidad del bunker que se va a analizar.

- Seleccionar modo 1 presionando la tecla M e ingresar el valor calculado con anterioridad de la densidad del mismo bunker que se está analizando.
- Seleccionar modo 2 presionando la tecla M e ingresar el valor calculado con anterioridad de la viscosidad del mismo bunker que se está analizando, la figura muestra claramente el procedimiento a seguir (ver figura 77).

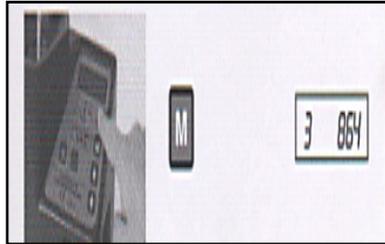
Figura 78. **Utilización medidor de densidad**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 159.

- Inmediatamente después de haber ingresado los valores de la densidad y de la viscosidad del bunker, proceder a seleccionar el modo 3 y la pantalla del medidor de densidad mostrara el valor del CCAI (ver figura 78).

Figura 79. **Forma de selección de modo 3 y resultado CCAI**



Fuente: KITTIWAKE. *Manual de análisis de aceites lubricantes y combustibles*. p. 158.

3.5.3. Hoja de control de resultados de los análisis

Controlar efectivamente los resultados que se obtienen de los análisis de bunker es vital, debido a que del buen control de estos resultados dependerá la interpretación correcta de los mismos. La transcripción de los resultados que muestran los equipos debe realizarse adecuadamente, estos resultados deben presentarse en las hojas de control con precisión y claridad.

La hoja de control (ver tabla XIII), debe contener la información bajo el siguiente formato:

Tabla XIII. Hoja de control de resultados de los análisis de bunker

HOJA DE CONTROL DE ANALISIS DE BUNKER PARA MOTORES		
Analista:		Fecha:
Reportado a:		Empresa:
Análisis	Límite de control	Resultados
	Mín - Máx	
Viscosidad Cinemática (cSt)	380 - 410	
Densidad (Kg/m ³)	Máx: 991	
Pour point (°C)	Máx: 30	
Insolubles (% m/m)	Máx: 0.1	
Compatibilidad (Spot #)	Máx: 1	
CCAI Adimensional	Máx: 850	
Los análisis muestran lo siguiente:		
Jefe de planta		

Fuente: elaboración propia.

Uso y manejo de la hoja de control de resultados tabla XIII:

- Escribir con claridad en los espacios en blanco el nombre completo del analista, el nombre de la persona a quien se le reportarán los resultados de los análisis, la fecha en que se están realizando y el nombre de la empresa.

- La hoja de control muestra con claridad los análisis a realizar columna lado izquierdo de arriba hacia abajo, los límites máximos y mínimos a los que deben estar los resultados de cada uno de los análisis y una columna en la cual se colocan los resultados a obtener.
- La hoja de control en su parte inferior hace referencia a: los análisis muestran lo siguiente; aquí en este espacio en blanco se escribe en forma breve la interpretación de los resultados como conclusiones para cada uno de los análisis realizados.
- Por último, en su parte inferior lado derecho de la hoja de control se presenta un espacio destinado especialmente para la firma o visto bueno del jefe de planta, lo cual hace constar que lo realizado por el analista esta bien. Son dos hojas de control, una hoja de control es para el jefe de planta y la otra para el analista del laboratorio.
- Los resultados se deben escribir lo más claro posibles y sin ambigüedades.

3.5.3.1. Interpretación de resultados

La interpretación de los resultados de los análisis de muestras de bunker en el laboratorio es una parte muy importante, pues de este paso dependen las decisiones que se puedan tomar para la utilización del combustible en los motores.

La hoja de control en una de sus columnas (ver tabla XIII) detalla con claridad los límites permisibles a los que deben permanecer los resultados de

los análisis; esto para asegurar con exactitud, que la interpretación será la correcta.

La interpretación de los resultados permite conocer si el combustible a utilizar en los motores es el óptimo, según las características y propiedades que pueda presentar luego de realizado los análisis; esto para que los motores operen normalmente evitando paros inesperados o fallas mecánicas, no solo del sistema de combustible sino que del resto de sistemas y equipos auxiliares; esto implica tomar el tiempo necesario para realizar análisis profundos de lo que podría representar el uso de combustibles no adecuados; realizando esto se conseguiría alargar tanto la vida de los sistemas de los motores, como también el uso óptimo del combustible, lo que se traduce en un logro de mayor rendimiento de los motores y reducción de costos en compra de combustible.

En esta sección se define claramente la interpretación de los resultados de los análisis, la cual depende del combustible a analizar y de las pruebas que se realizarán, por eso a continuación se mencionan las posibles causas o fallas que puede ocasionar el uso de un combustible no adecuado en los motores según los análisis que se realizan, y su interpretación es como sigue:

- Viscosidad: la viscosidad es una medida basada en el tiempo que requiere una cantidad determinada de combustible para fluir a través de un tubo capilar, y es una de las propiedades físicas que tiene mayor importancia en la utilización del producto. La viscosidad del combustible (bunker) debe estar acorde a las especificaciones de los equipos, en lo que respecta a bombas, filtros y características de los inyectores y bombas de inyección. El jefe Operaciones y de Mantenimiento necesitarán saber sobre la viscosidad del combustible para reportarlo al operador de los motores, el cual deberá estar seguro de la viscosidad

actual del combustible que se va a emplear o se está empleando para programar el calentamiento adecuado del mismo, antes del bombeo y la limpieza o algún otro tratamiento del mismo, y por supuesto antes de la inyección dentro de los motores.

Si la viscosidad del combustible es demasiado elevada, el sistema de aceite térmico no será capaz de llevar el combustible a la temperatura requerida, lo que provocaría fallas severas en el sistema de combustible. En casos extremos, la transferencia del combustible puede ser muy difícil y la máquina podría sufrir un bajo rendimiento y la posibilidad de daños, si no se aplica el suficiente calor previo a la inyección.

Viscosidad a bajo de los límites expuestos en la hoja de control todavía son más tolerables, ya que se obtienen beneficios en el sentido de que se necesita menos temperatura para su calentamiento, el combustible de por sí tiene una densidad mas baja y con esto se le facilita al sistema de limpieza de combustible la separación de sedimentos e insolubles.

Es recomendable controlar que la viscosidad en el combustible no sea demasiado alta ni demasiado baja, debido a que al operar los motores fuera de rangos, ocasionaría fallas en el sistema de combustible y otros sistemas.

- Densidad: la densidad del combustible es el parámetro más importante para medir. La densidad se obtiene para determinar el peso del combustible. Con esta información los operadores en la planta generadora pueden ajustar adecuadamente las separadoras de bunker para la limpieza del combustible, con esto se evitarán obstrucciones en filtros, mantenimientos continuos a separadoras, atascos en líneas de combustibles, problemas en bombas de inyección e inyectores, deterioro

premature de bombas, problemas en el viscosímetro, entre otros. La densidad máxima para la limpieza efectiva del combustible es de 991 Kg/m³. Es importante tomar en cuenta lo siguiente; la densidad disminuye con el aumento de temperatura y aumenta con la disminución de temperatura. Solo puede compararse a temperatura constante.

- *Pour point*: punto de lluvia o de escurrimiento es la temperatura más baja a la que un combustible puede utilizarse sin que este se solidifique. Si un combustible está debajo del punto de lluvia provocará un bloqueo general en el sistema de combustible dando inicio en tanques de almacenamiento, pasando por líneas de combustible, filtros, bombas, inyectores y bombas de inyección.

Para evitar estas dificultades operacionales descritas, simplemente es necesario almacenar el combustible por lo menos 5 grados por encima del punto de lluvia.

- Insolubles o total de sedimentos: todos los combustibles contienen sedimentos que consisten en residuos de hidrocarburos y materiales extraños. El análisis de insolubles o sedimentos totales está diseñado para determinar la cantidad de material no fluido en combustibles por un método de filtración.

En general, si los sedimentos son bajos, indica que el bunker está en buenas condiciones y se puede usar sin ningún inconveniente. Una cantidad relativamente grande de sedimentos, indica la presencia de contaminantes como tierra, suciedad y oxido; lo que provocaría problemas serios en el sistema de combustible dañando inyectores, bombas de inyección, filtros y tendría repercusiones también en el sistema de lubricación. Generalmente resultados

mayores del 0,1 % m/m no se aceptan ya que son indicios de presencia de contaminantes.

Altos niveles de sedimentos causarán: incremento en la viscosidad del bunker, obstaculización o taponamiento de tuberías, mangueras, y filtros de combustible y demás elementos que estén en contacto directo con el medio lubricante.

- Compatibilidad: la compatibilidad de un combustible determina con certeza que las propiedades tanto de un combustible como de otro son iguales y que al mezclarse ambos dan paso a la formación de un combustible estable, por lo que al ser así el combustible que se está comparando para emplear como nuevo combustible se puede utilizar sin ningún inconveniente, siempre y cuando los resultados sean estables entre una muestra y otra.

Si se observa incompatibilidad entre ambos combustibles se procede a la no utilización del combustible debido a que si se hace, los daños provocados estarán relacionados con combustiones ineficientes en los cilindros de los motores, bajos rendimientos, daño en sistema general de combustible, formación de lodos, entre otros.

- CCAI: en general es de aplicación cuanto más alto sea el CCAI tanto peor será el comportamiento de encendido esperable. Valores de CCAI bajos permiten que los motores operen en márgenes permitidos ilimitados, valores de CCAI elevados son márgenes a evitar debido a que los motores operarán con dificultades dando paso con el tiempo a daños en los principales sistemas del motor.

El CCAI está íntimamente ligado a la calidad de ignición del combustible y es un valor que siempre y cuando no sobrepase su límite máximo (850), facilitará la ignición en los motores. Conociendo el CCAI se debe juzgar la aceptabilidad del combustible para el funcionamiento eficaz de los motores.

3.5.4. Control estadístico de muestras de bunker

Las razones para monitorear los resultados de los análisis son:

- Suministrar a los motores combustibles con propiedades y características de acuerdo a sus regímenes de funcionamiento.
- Facilitar al personal de mantenimiento la detección de fallas en el sistema de combustible de los motores.
- Detectar fallas en el sistema de combustible: presiones altas o bajas, temperaturas, fallas en arranques, filtros en mal estado, viscosidades elevadas, inyectores y bombas de inyección obstruidas.
- Detectar a tiempo alguna falla en progreso: en el sistema de combustible, sistema de lubricación.
- Detectar rápidamente cualquier cambio en el ingreso de contaminantes.
- Determinar el tiempo de duración de filtros.
- Detectar filtros no adecuados para remover impurezas.
- Mayor control para la detección de fallas en los motores.
- Interpretación correcta de los resultados.

3.5.4.1. Estándares y especificaciones de viscosidad de bunker

Las especificaciones que respectan al combustible (bunker) están delimitadas por el fabricante de los motores, por el Instituto Americano del

Petróleo y por el Ministerio de Energía y Minas. Estos estándares y especificaciones (ver tabla XIV) permiten visualizar de mejor forma los valores límites de las características más importantes que presenta el combustible; lo que hace tener más información sobre el tipo de combustible que se está empleando para el funcionamiento de los motores y permitir así la elaboración efectiva de los gráficos de control.

Tabla XIV. **Especificaciones de calidad para bunker C**

Característica	Unidades	Método	Valores Mín - Máx
Viscosidad cinemática a 50 °C	cSt	Método viscosidad cinemática	380 - 410
Densidad a 15 °C	Kg/m ³	Método determinación densidad	Máx 991
Pour point	°C	Método determinación pour point	Máx 30
Insolubles	% masa	Método insolubles	Máx 0.1
Compatibilidad	Spot #	Método compatibilidad	Máx 1
CCAI	Adimensional	Calculado o método CCAI	Máx 850

Fuente: Folleto Ministerio de Energía y Minas y manuales CAT.

3.5.4.2. Establecimiento de límites de control

Para el servicio del laboratorio interesa monitorear la variación de la viscosidad del bunker antes de su uso en los motores. Es por esto que los límites de control para el monitoreo de la viscosidad y demás parámetros del bunker son iguales a las especificaciones, porque no se está controlando un proceso de producción del bunker sino que se controla el desempeño que este pueda tener dentro de los motores para evitar fallas en los mismos.

3.5.4.3. Gráfico de control para viscosidad

El gráfico de control de viscosidad del bunker ayuda a una mejor visualización de la tendencia al aumento o a la disminución del bunker de un día respecto al otro; punto a tomar muy en cuenta ya que la viscosidad en el bunker tiende a variar demasiado; es por eso que la frecuencia de análisis se recomienda hacerla diario.

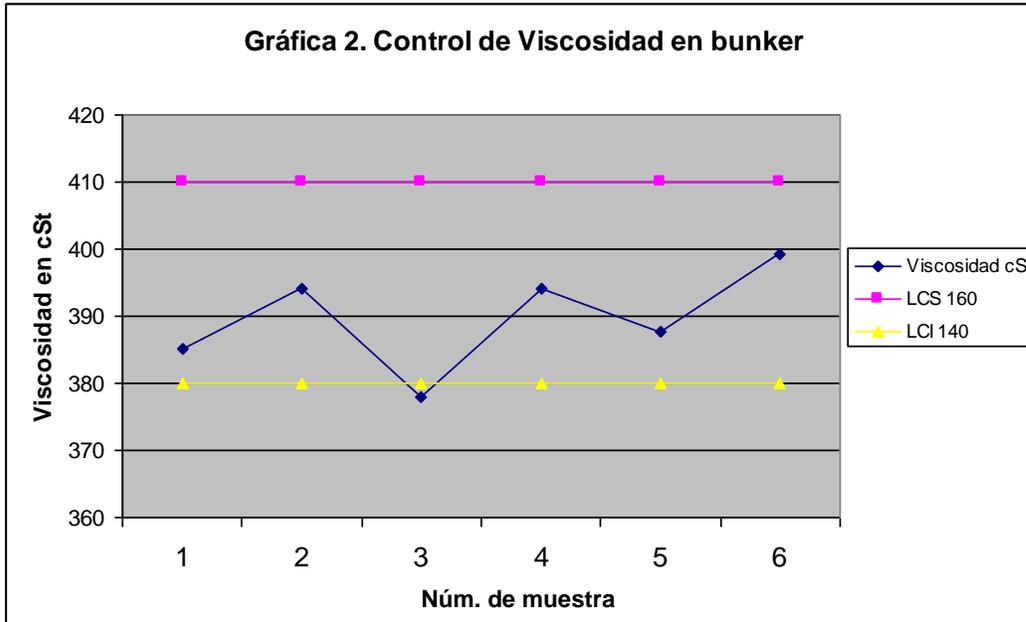
A continuación se presenta (ver tabla XV) un ejemplo del monitoreo que se le hizo durante una semana al bunker que ingresó a la planta generadora para su uso en los motores y con lo cual se dio paso a elaborar el gráfico 2.

Tabla XV. **Lecturas de viscosidad de bunker a 50 °C en cSt**

Núm. Muestra	1	2	3	4	5	6
Viscosidad	385,1	394,1	377,9	394,2	387,6	399,2

Fuente: elaboración propia.

Figura 80. **Control de viscosidad en bunker**



Fuente: elaboración propia.

Los valores límites de la gráfica 2 han sido tomados de la tabla XIV, en la cual se especifica claramente los valores para el límite de control superior de 410 cSt a 50 °C y el límite de control inferior de 380 cSt a 50 °C. En el caso del ejemplo propuesto los límites ya están definidos por el fabricante de los motores de acuerdo al bunker que se puede utilizar.

3.5.4.4. Análisis de causas de variación en el diagnóstico

Después de la elaboración cuidadosa del gráfico de control para viscosidad queda el último paso, que es encontrar, no la causa en sí de la variación de la viscosidad encontrada sino que proponer algunos criterios que

los encargados de mantenimiento tomen en cuenta, para hacer una modificación en los parámetros de los motores.

Si se observa el gráfico, se puede notar que la viscosidad durante el monitoreo que se realizó varió considerablemente de un día a otro, dando su mayor variación en la muestra 3 saliéndose de su límite inferior permisible. Debido a que la muestra 3 no representa un valor muy bajo de viscosidad respecto al límite inferior y respecto a las otras muestras analizadas; se recomienda controlar los parámetros y regímenes de los motores durante su funcionamiento y cualquier variación que puedan presentar al hacer las correcciones necesarias para evitar paros y fallas inesperadas en los sistemas de los motores.

3.5.5. Conclusiones de resultados

Se debe estar consciente que en la presentación de las hojas de control de resultados al jefe de planta, se está juzgando la confianza del analista del laboratorio y del laboratorio como medio de servicio. Por lo que las conclusiones deben ser lo más breves y certeras posibles (ver tabla XVI) tomando muy en cuenta los resultados de los análisis, esto para que cuando se pase esta información al jefe del Departamento de Operaciones y Mantenimiento se tomen conjuntamente decisiones correctas, para el posible corregimiento de parámetros de los motores, fallas si existieran y para llevar un control eficiente del comportamiento del bunker en los motores. Las conclusiones se obtienen de la interpretación de los resultados.

Tabla XVI. Informe de análisis de bunker

HOJA DE CONTROL DE ANALISIS DE BUNKER PARA MOTORES		
Analista: Christian Peña		Fecha: 09/08/2006
Reportado a: Ing. Mario del Valle		Empresa: Generadora del Sur
Análisis	Limite de control	Resultados
	Mín - Máx	
Viscosidad Cinemática (cSt)	380 - 410	390,6
Densidad (Kg/m ³)	Máx 991	0,9903
Pour point (°C)	Máx 30	-9
Insolubles (% m/m)	Máx 0.1	0,03
Compatibilidad (Spot #)	Máx 1	1
CCAI Adimensional	Máx 850	846,3
<p>Los análisis muestran lo siguiente:</p> <p>Según los análisis realizados se obtuvieron los resultados arriba descritos. Como se puede observar todos los análisis que se realizaron se encuentran dentro de los límites permisibles, lo que nos deja como conclusión que no hay necesidad de hacer modificaciones de temperaturas ni presiones en el sistema de combustible; ya que la viscosidad, la densidad, el pour point, contenido de insolubles, la compatibilidad y el CCAI estan de acuerdo a lo especificado por el fabricante para el buen funcionamiento de los motores por lo que el combustible puede ser utilizado sin ningún inconveniente.</p> <p>Se recomienda seguir teniendo un control como el que hasta ahora se ha realizado para evitar desviación en los resultados y tener la certeza de que el combustible que se esta empleando es el adecuado para los motores.</p>		
<p>_____ Jefe de planta</p>		

Fuente: elaboración propia.

3.5.6. Medidas a tomar de acuerdo a resultados obtenidos

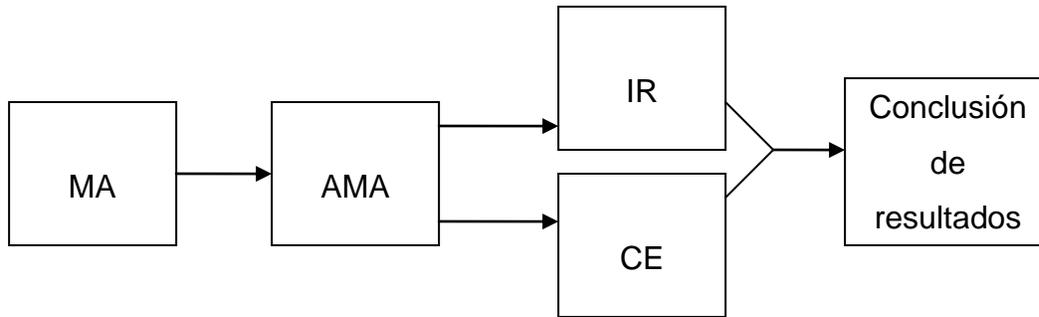
Dependiendo de los resultados que se obtengan luego de la conclusión de resultados; el jefe del Departamento de Operaciones y de Mantenimiento son los encargados de tomar decisiones al momento de corregir fallas o averías de acuerdo al informe presentado. A pesar de esto el analista del laboratorio puede presentar posibles sugerencias para facilitar y ayudar así el proceso de detección y correjimiento de fallas. De acuerdo a los resultados y las conclusiones presentadas en el informe de análisis de bunker (ver tabla XVI), y debido a que los resultados presentados se encuentran dentro de los límites permisibles; solamente se sugiere seguir llevando un control adecuado en los análisis y con la misma frecuencia que se realizan, esto para evitar desviaciones en los resultados.

3.6. Sistema de análisis de agua para refrigeración de motores

En el sistema propuesto (ver figura 79) los elementos que lo componen son los siguientes:

- Muestreo de agua (MA)
- Análisis de muestras de agua (AMA)
- Interpretación de resultados (IR)
- Control estadístico de muestras (CE)
- Conclusión de resultados

Figura 81. **Esquema del sistema de análisis de agua para refrigeración**



Fuente: elaboración propia.

3.6.1. Muestreo de agua

El objetivo del trabajo del laboratorio es el contenido de la muestra que se presente para analizar. Una muestra tomada acorde a los procedimientos y que se presente en el laboratorio libre de agentes extraños facilitará enormemente el proceso de análisis, con lo que se obtendrán resultados, interpretaciones y conclusiones verídicas.

A continuación se describe la manera correcta de realizar el muestreo del agua.

3.6.1.1. Dónde tomar la muestra

Los lugares seleccionados para tomar muestras son los siguientes:

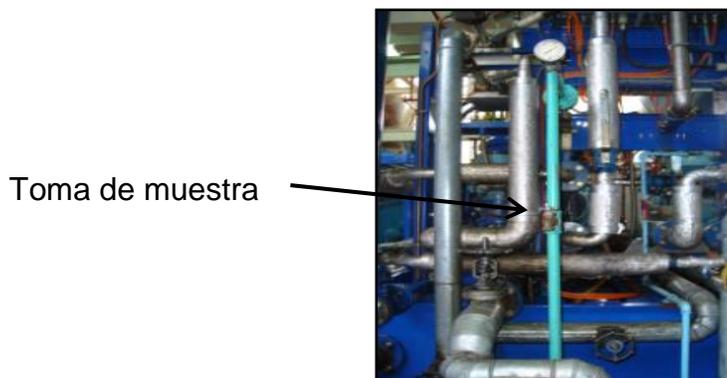
- Si lo que se desea es determinar la dureza y la conductividad del agua antes de su uso en los motores y equipos auxiliares, la muestra se toma en la salida de los suavizadores y en los separadores de aceite (ver figuras 80 y 81).

Figura 82. **Punto óptimo para toma de muestra de agua en suavizador**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

Figura 83. **Punto óptimo para toma de muestra de agua en separador**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

La toma de las muestras de agua en la salida de los suavizadores se realiza con el objetivo de cerciorarse de que el agua que se utilizará en el sistema de refrigeración son las correctas, y que el suavizador este realizando su trabajo adecuadamente; ya que si en determinado caso la dureza del agua se excede de su límite superior se procede a hacer el cambio de suavizadores y regeneración respectiva. Las muestras de agua en los separadores de aceite se toman con el fin de controlar que la dureza y la conductividad del agua utilizada estén entre los rangos permisibles, y detectar posibles contaminaciones en el trayecto de los suavizadores a los separadores.

- Si lo que se desea es determinar el pH, la conductividad, los nitritos y el hierro presentes en el agua de circulación del sistema de refrigeración de los motores (circuito HT y circuito LT), las muestras deben tomarse (ver figuras 82 y 83) en las válvulas o llaves de muestreo que se encuentran ubicadas en la entrada de las bombas de agua, de cada uno de los circuitos.

Figura 84. **Punto óptimo para toma de muestra de agua en circuito HT**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

Figura 85. **Punto óptimo para toma de muestra de agua en circuito LT**



Fuente: Carretera al Pacífico, Amatitlán.

Debe tenerse en cuenta siempre que se estén tomando muestras de agua, que las muestras deben tomarse en los puntos mencionados para que las características de esta sean proporcionales al agua de cada uno de los circuitos.

3.6.1.2. Frecuencia de muestreo

La periodicidad con la que se realice la toma de muestras en el sistema de refrigeración de los motores depende de prácticas ya establecidas, que obedecen a programas rutinarios característicos de la industria o a un tipo específico de motores y equipos auxiliares. Los análisis no rutinarios se realizan cuando existen sospechas sobre el mal funcionamiento o funcionamiento fuera de lo común del sistema de refrigeración, o de la pérdida notoria de las propiedades de los químicos utilizados que se hacen notar en la variación de las propiedades del agua.

La frecuencia de muestreo requerida para el funcionamiento óptimo del sistema diseñado (ver tablas XVII y XVIII) y de los motores sujetos a prueba, requieren cierto grado de igualdad, debido a que los resultados a obtener de los análisis deben ser lo mas precisos posibles para la correcta elaboración de los gráficos de control.

Como se ha señalado anteriormente la frecuencia de muestreo será un buen elemento a tomar en cuenta para la obtención de resultados efectivos y que de no ser así, incidirá grandemente en una mala interpretación de los resultados.

Tabla XVII. **Frecuencia de muestreo de agua en suavizadores y separadores de aceite**

Aplicación	Frecuencia (en días)	Frecuencia (en hrs)
Utilizada como medio refrigerante en motores Mak estacionarios y como medio filtrante en separadores	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de conductividad (diario) • Análisis de dureza (diario) 	<p>Aprox. cada 24 hrs</p> <p>Aprox. cada 24 hrs</p>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Frecuencia de muestreo de agua en motores Mak**

Aplicación	Frecuencia (en días)	Frecuencia (en hrs.)
Utilizada como medio refrigerante en motores Mak estacionarios	• Análisis de nitritos (miércoles cada 8 días).	Aprox. cada 192 hrs
	• Análisis de hierro (una vez en el mes)	Aprox. cada 720 hrs
	• Análisis de pH (miércoles cada 8 días)	Aprox. cada 192 hrs
	• Análisis de conductividad (miércoles cada 8 días)	Aprox. cada 192 hrs

Fuente: elaboración propia.

3.6.1.3. Método de sustraer la muestra

Independientemente de que los motores estén operando o no, las muestras pueden tomarse en cualquiera de estas dos circunstancias y de preferencia que el motor esté operando en sus regímenes establecidos, para obtener más certeza en los análisis.

Como se vio en una de las secciones anteriores, el sistema de agua de refrigeración de cada uno de los motores dispone de válvulas de muestreo en cada una de las línea de circulación de los circuitos tanto HT como LT, por lo que para la obtención de la muestra sencillamente se vertirá agua en el depósito o frasco, pero antes la cantidad extraída al inicio debe ser descartada, con el fin de poder obtener una muestra representativa de agua de todo el sistema.

Cuando se esté tomando la muestra hay que poner especial atención en la limpieza de las válvulas de muestreo, ya que suciedad depositada en la boquilla

de salida de esta válvula puede provocar que los resultados de los análisis se vean severamente afectados.

3.6.1.3.1. Procedimientos adecuados en la toma de muestras

La toma de muestra de agua es un procedimiento importante, pues el contenido de la muestra que es el agua, es un elemento importante para la realización de los análisis en el laboratorio. Se debe evitar en lo posible que el agua se contamine; en caso contrario, se puede dificultar el proceso de análisis, afectar el desempeño de los equipos de laboratorio o en el peor de los casos, dañar su funcionamiento, afectar los resultados de los análisis que repercutiría en la interpretación de los mismos.

El procedimiento de la toma de muestras debe seguir los siguientes pasos:

- Solicitar el recipiente o frasco adecuado, este recipiente está diseñado para la contención de agua, lo proporciona el laboratorio.
- Verificar antes de su uso, que esté el recipiente libre de agentes extraños.
- Limpiar alrededores de la fuente antes de proceder a la toma de la muestra, en este caso la válvula de muestreo en la entrada del caudal de agua en cada uno de los circuitos HT y LT de la bomba de agua. Purgar si es necesario por 30 segundos en un recipiente aparte, el objetivo es purgar el agua que se encuentra en el interior de la tubería de la válvula de muestreo, para evitar contaminación extra por sedimentos e incrustaciones que se encuentren ahí depositados.

- Tomar la muestra y llenar el frasco hasta el nivel aproximado de llenado indicado en el frasco.
- Con el frasco en posición siempre vertical, encajar la tapadera para tapar el frasco, esto hacerlo rápidamente para evitar el proceso de oxidación del agua causado por el aire.
- Transportar de manera adecuada sin ningún incidente.

3.6.1.3.2. Identificación y registro de la fuente de la muestra

La fuente de la muestra se refiere a la completa identificación del equipo de donde se extrae la muestra de agua de refrigeración usada en los motores y la muestra del agua por usar, pues es de suma importancia tener datos sobre el equipo para conocer las condiciones en las que debe operar, y qué capacidad posee; es importante hacer el registro de estos datos en el lugar donde se encuentra el equipo y en el momento de tomar la muestra.

Para evitar errores de asignación que dificultaría todo el proceso ya en el laboratorio; los datos que deben identificarse y registrarse en la toma de muestra para el agua que circula en el sistema de refrigeración de los motores y equipos auxiliares son los siguientes y para esto se hace relación a un ejemplo:

- Tipo de equipo: motor de combustión interna.
- Núm. de serie: 12CM43.
- Motor número: 12.

- Capacidad de operación: carga máxima: 12 MW carga nominal: 11,5 MW.
- Aplicación o condiciones en las que opera: motores empleados para la generación de energía eléctrica. En condiciones normales de operación: presión atmosférica 1 bar, temperatura ambiente 31 °C, humedad relativa al aire 30 %.
- Núm. de horas de operación: 3 379 hrs.
- Circuito: HT y LT.
- Ciclo operativo: motor de 4 tiempos, requiere 2 revoluciones para completar un ciclo de trabajo. Funciona con diésel y con bunker C, alternativamente, utilizando dos turbocargadores.
- Separador número: 12.
- Inhibidor de corrosión empleado: Dewt – Nc.
- Suavizador número: 1

3.6.1.4. Tamaño de la muestra

Las cantidades óptimas de agua empleadas en el sistema de refrigeración de los motores, deben ser tomadas para luego ser enviadas al laboratorio para su posterior análisis; pueden variar dependiendo del equipo que se está analizando o de algunas especificaciones que manejan algunos laboratorios en la actualidad.

Independientemente de todo esto, la cantidad de agua óptima que garantiza efectuar pruebas indispensables para determinar el estado del agua son 550 ml estandarizado.

3.6.1.5. Condiciones para tomar la muestra

Al muestrear agua debe ponerse especial cuidado en evitar que la muestra se contamine con algún agente extraño (ya sea del frasco donde se depositará la muestra, herramientas usadas o el ambiente circundante); cualquier negligencia en la toma de la muestra puede conducir a muestras no representativas, cuyos análisis arrojarían resultados no concordantes con la realidad, lo cual puede llevar a interpretaciones, conclusiones y recomendaciones erróneas.

3.6.1.5.1. Cómo obtener una muestra representativa

El analista debe ejercer gran cuidado para asegurarse que las muestras son verdaderamente representativas del sistema.

A continuación se detallan algunas recomendaciones para obtener muestras representativas:

- Asegurarse que los recipientes de la muestra estén limpios, secos y libres de posibles contaminantes.
- Establecer un punto del equipo, preferentemente un punto dónde el agua fluya firmemente, para tomar la muestra.

- Siempre tomar las muestras en el mismo punto.
- Tomar la muestra cuando los motores estén operando a temperatura régimen.
- Dejar fluir agua por la válvula de muestreo aproximadamente por 15 segundos; esto para evitar contaminación por posibles contaminantes depositados en la salida de la válvula de muestreo.
- Cerrar el frasco de la muestra herméticamente para evitar contaminación del ambiente.

3.6.2. Análisis de agua métodos y procedimientos

El agua es un buen líquido para transmitir calor de un punto a otro. Uno de los requisitos más importantes para que un motor de combustión interna pueda alcanzar los límites de trabajo previstos, se refiere al enfriamiento del motor y más específicamente a mantener la temperatura del mismo en las condiciones de diseño en forma constante en el tiempo.

El propósito en sí de la realización de los análisis es proveer y mantener en el sistema de refrigeración de los motores agua de alta calidad, y que sus características concuerden con los límites permisibles propuestos por el fabricante de los motores, para evitar con esto fallas en el sistema de refrigeración. El diseño del sistema propuesto se limita a un número restringido de pruebas. Existe una gran variedad de pruebas que se emplean para establecer las condiciones y el comportamiento del agua en el sistema de refrigeración de los motores.

Las pruebas de laboratorio constituyen una de las herramientas más importantes para evaluar si el agua tiene las propiedades requeridas, para ser tomada en cuenta como fuente de refrigeración para el funcionamiento de los motores. Estas pruebas se realizan con un solo objetivo y es tratar de alargar de esta manera la vida útil de los motores y equipos auxiliares reduciendo fallas en el sistema empleando agua de alta calidad.

3.6.2.1. Análisis de pH

El pH no tiene unidades; se expresa simplemente por un número. El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrógeno presente. Es medido en una escala desde 0 a 14, en la cual 7 significa que la sustancia es neutra. Valores de pH por debajo de 7 indica que la sustancia es ácida y valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica. El pH es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno (H⁺) en una sustancia. La acidez es una de las propiedades más importantes en el agua y que más daño provoca en los sistemas de refrigeración; por lo que el pH requerido para el sistema de refrigeración de los motores Mak es de 9.

- Descripción detallada del método de pH “Análisis de pH”:
 - Equipo
 - Estuche con tiras plásticas indicadoras de pH
 - Frascos con muestras de agua
 - Equipo de protección personal
 - Procedimiento para realizar análisis

- Tomar una tira plástica medidora de pH del estuche (ver figura 84).

Figura 86. **Forma correcta de tomar medidor de pH**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Insertar la tira en cada uno de los frascos con sus respectivas muestras, dejarla inserta en el frasco tratando de que el agua toque la escala de medida de la tira por un tiempo de 30 segundos a 1 minuto (ver figura 85).

Figura 87. **Forma correcta de insertar medidor de pH**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Sacar la tira y comparar con la escala de medidas que se encuentra en el estuche, para así ver el valor exacto de pH de la muestra que se está analizando (ver figura 86).

Figura 88. **Obtención de resultado de pH del agua**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

3.6.2.2. Análisis de dureza

La dureza es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio. La dureza es indeseable en algunos procesos, tales como el industrial (sistema de refrigeración de motores), la dureza es caracterizada comúnmente por el contenido de calcio y magnesio y expresada como carbonato de calcio equivalente. Las medidas de dureza del agua son: miligramos por litros de carbonato cálcico CaCO_3 o bien su equivalente en ppm (partes por millón); en el caso del agua que se emplea como medio refrigerante en los motores, se requiere el agua con una dureza máxima de 1 ppm.

La dureza se puede determinar fácilmente mediante reactivos y equipo especial y la forma de obtenerla se describe a continuación:

- Descripción detallada del método de dureza total “Análisis de dureza total”:
 - Equipo
 - Bureta automática de 25 ml
 - Frasco con muestra
 - Probeta graduada de 50 ml
 - Cucharita de bronce
 - Matraz Erlenmeyer
 - Equipo de protección personal
 - Reactivos
 - Buffer universal para dureza L-1566
 - Indicador de dureza L-290
 - Titulador de dureza L-232
 - Procedimiento para realizar análisis
 - Medir 50 ml de muestra en la probeta y transferir al matraz Erlenmeyer (ver figura 87).

Figura 89. **Utilización correcta de probeta**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Añadir 6 gotas de buffer para dureza y agitar matraz (ver figura 88).

Figura 90. **Vertido correcto de buffer para dureza**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Agregar con la cucharita de bronce una medida de indicador de dureza al matraz y agitar nuevamente (ver figura 89).

Figura 91. **Vertido correcto de indicador de dureza**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Si hay dureza, la muestra se tornará de color rojo. Si presenta color azul no hay dureza por lo que se deja de hacer el análisis (ver figura 90).

Figura 92. **Agitación correcta para disolver químico**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

Observación: muestra color rojo, por lo tanto continuar haciendo el análisis.

- Añadir lentamente solución tituladora por medio del gotero, agitar constantemente el matraz; cuando se aproxime a su final la muestra se tornará completamente azul (ver figuras 91 y 92).

Figura 93. **Vertido correcto de solución tituladora**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

Resultado de la muestra (ver figura 92)

Figura 94. **Color correcto de la muestra a analizar**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Anotar la cantidad de mililitros gastados por el gotero.
- Resultado y cálculo (en el cálculo tomar en cuenta que cada gota gastada en la bureta equivale a 0,05 ml), para obtener la dureza del agua utilizar la siguiente relación.

$$\text{Dureza (ppm)} = \text{mililitros gastados} * 20$$

3.6.2.3. Análisis de conductividad

La conductividad eléctrica se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución para conducir la corriente eléctrica. El agua pura no conduce la corriente, sin embargo, el agua con sales disueltas conduce la corriente eléctrica.

Los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente, y la cantidad conducida dependerá del número de iones presentes y de su movilidad. En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad, este efecto continúa hasta que la solución está tan llena de iones que se restringe la libertad de movimiento, y la conductividad puede disminuir en lugar de aumentar. Todos los valores que se obtengan de la conductividad deben estar referidos a una temperatura de referencia de 25 °C. La conductividad se mide en microsiemens/cm ($\mu\text{S/cm}$).

- Descripción detallada del método de la conductividad “Análisis de conductividad”:
 - Equipo

- Conductivimetro
 - Frascos con muestras
 - Equipo de protección personal
- Procedimiento para realizar análisis
 - Verter agua en poca cantidad en el orificio que se encuentra en el conductivimetro (ver figura 93).

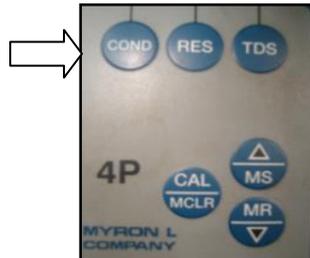
Figura 95. **Forma correcta de vertido de agua en conductivimetro**



Fuente: carretera al Pacifico, Amatitlán.

- Presionar tecla con nombre COND en el aparato (ver figura 94).

Figura 96. **Ubicación de la tecla para activar programa de conductividad**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Notar que en la pantalla del conductivímetro aparece un valor, el cual oscila; tomar el valor promedio entre los valores máximos y mínimos que aparecen y esa será la conductividad (ver figura 95).

Figura 97. **Obtención del resultado de conductividad**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

3.6.2.4. Análisis de nitritos

Algunos microorganismos son capaces de causar corrosión en las superficies metálicas que se encuentran en contacto directo con el agua. Es aquí donde se hace necesaria la realización de análisis de nitritos debido a que un nivel de nitritos bajos da indicios de contaminación por bacterias u otros posibles problemas. Los nitritos son un producto intermedio en el ciclo del nitrógeno y son producidos durante la oxidación del amoníaco con el agua, entre sus aplicaciones se encuentran el control de agua de refrigeración y se miden en partes por millón (ppm).

- Descripción detallada del método DEWT NC “Análisis de nitritos”:
 - Equipo
 - Estuche de químicos, probeta de 50 ml y cucharitas de bronce
 - Frascos con muestras
 - Equipo de protección personal
 - Reactivos
 - Reactivo núm. 1 DEWT NC
 - Reactivo núm. 2 DEWT NC
 - Procedimiento para realizar análisis:
 - Agregar 25 ml de agua para analizar en la probeta (ver figura 96).

Figura 98. **Vertido correcto de muestra en probeta**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Agregar con la cucharita de bronce cinco medidas del reactivo núm.1 y mezclar hasta que todo el reactivo se disuelva (ver figura 97).

Figura 99. **Forma correcta de añadir reactivo núm.1**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Agregar con la otra cucharita de bronce una medida del reactivo núm. 2, tapar la probeta y mezclar hasta que se disuelva el reactivo (ver figuras 98 y 99).

Figura 100. **Forma correcta de añadir reactivo núm. 2**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

Figura 101. **Forma correcta agitar probeta**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Si la muestra de agua circulante se pone rosa o roja y el color dura durante por lo menos 30 segundos, la prueba está completa (ver figura 100). Esto indica que el nivel del tratamiento (contenido de nitritos) es demasiado bajo; por lo tanto hay que referirse a la guía de la dosificación para determinar la cantidad de químico DEWT NC requerido para el tratamiento (ver tabla XVIII).

Figura 102. **Resultado del análisis de la muestra**



Fuente: carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Si luego de agregar la primera medida del reactivo núm. 2 no aparece ningún color o el color rojo desaparece dentro de los 30 segundos (ver figura 101), agregar otra medida del reactivo núm. 2 y contar el número de medidas; mezclar por completo hasta que el color rosa o rojo aparezca y dure por lo menos 30 segundos (ver figura 102).

Figura 103. **Muestra de agua en proceso de análisis**



Fuente: Carretera al Pacífico, Amatitlán.

Figura 104. **Resultado final del análisis**



Fuente: Carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Contar el número total de medidas de reactivo núm.2 que se agregaron con la cucharita de bronce y luego calcular la concentración de nitritos (partes por million) en el agua, según los límites establecidos en la tabla guía para la dosificación. Ver la cantidad de químico a dosificar que se necesita para el tratamiento del agua (ver tabla XVIII).

Tabla XIX. **Guía de dosificación para el químico Dewt Nc**

Medidas de reactivo Núm. 2 usado	DEWT NC Concentración de nitritos en ppm	Dosificación requerida de químico para agua de circulación
1	0	7 lbs
2	500	6 lbs
3	1 000	5 lbs
4	1 500	4 lbs
5	2 000	Satisfactorio-No requiere dosificación
6	2 500	Satisfactorio-No requiere dosificación

Fuente: *Manual CAT.* p. 158.

El químico Dewt Nc es el químico que eventualmente se utiliza para el tratamiento de agua de los motores, es particularmente efectivo en la prevención de la corrosión en sistemas de refrigeración de motores. Protege los

metales ferrosos, el cobre y sus aleaciones, el plomo, las soldaduras y el aluminio. No afecta a juntas de goma ni mangueras. Contiene una mezcla equilibrada de inhibidores de corrosión especialmente formulada para dar un alto contenido de nitrito, lo cual es cada vez más necesario para la nueva generación de motores diésel de alta eficiencia.

Es efectivo en agua dulce fría o caliente, y es totalmente compatible con las mezclas de agua y glicol. Contiene también un antincrustante para prevenir la deposición en las superficies calientes y mantener libre el paso de agua en los radiadores. Se utiliza en las dosis recomendadas descritas en la tabla XIX; también controla el resto de análisis que se realizan al agua del sistema de refrigeración en su caso cabe mencionar pH, hierro y conductividad.

3.6.2.5. Análisis de hierro

El agua es el solvente universal, por lo que tiene generalmente algunas características minerales propias. Debido a que el hierro es uno de los minerales más abundantes, este es muy frecuente encontrarlo en las aguas y máximo en agua empleada como medio de refrigeración para motores. Cuando hay demasiado hierro en el agua se puede observar un color rojizo.

El análisis de hierro en el agua de motores es importante debido a que su presencia representa el grado desprendimiento de material que puede presentar el sistema de refrigeración en cualquiera de sus espacios por los que circula el agua; el máximo de hierro permitido en el agua de motores es 1 ppm (partes por millón) y su análisis se realiza de la siguiente forma:

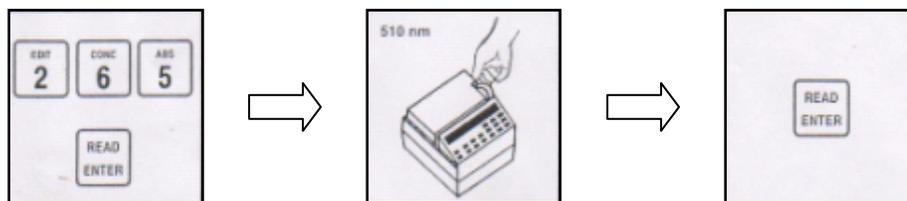
- Descripción detallada del método ferrover “Análisis de hierro”:

- Equipo
 - Espectrofotómetro DR 2010
 - Frascos para muestras de 25 ml
 - Frascos con muestras
 - Equipo de protección personal

- Reactivos
 - Reactivo férrico ferover

- Procedimiento para realizar análisis
 - Teniendo el espectrofotómetro encendido, ingresar el programa núm. 265, rotar la perilla a 510 nm y luego presionar Read/Enter (ver figura 103).

Figura 105. **Secuencia de realización paso 1**



Fuente: Carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Agregar 25 ml de muestra en uno de los dos frascos y luego otros 25 ml de muestra, para analizar en el otro frasco de igual volumen (ver figuras 104 y 105).

Figura 106. **Vertido correcto de 25 ml de muestra frasco 1**



Fuente: Carretera al Pacífico, Amatitlán.

Figura 107. **Vertido correcto de 25 ml de muestra frasco 2**



Fuente: Carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Agregarle al frasco de muestra para analizar un sobre de ferover (ver figura 106).

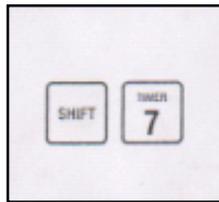
Figura 108. **Vertido de sobre de ferover en muestra a analizar**



Fuente: Carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Presionar *shift timer* (3 min.) en el espectrofotómetro y agitar muestra con químico durante este tiempo para que el químico se disuelva (ver figura 107).

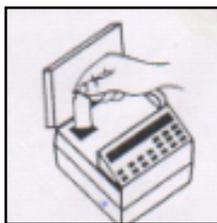
Figura 109. **Selección de tiempo para mezcla de químico**



Fuente: Carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Luego colocar el frasco con la primera muestra en el agujero del equipo y cerrar la tapa (ver figura 108).

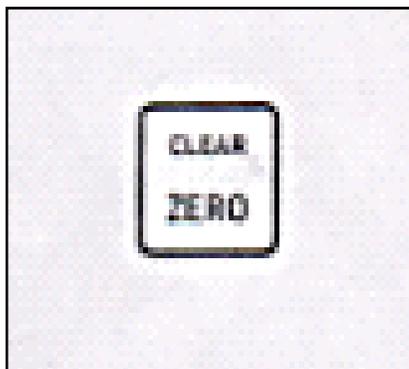
Figura 110. **Colocación correcta de muestra 1 en espectrofotómetro**



Fuente: Carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Presionar cero, entonces aparecerá en pantalla 0,0 miligramo por litro FeFv o su equivalente en partes por millón (partes por millon) (ver figura 109).

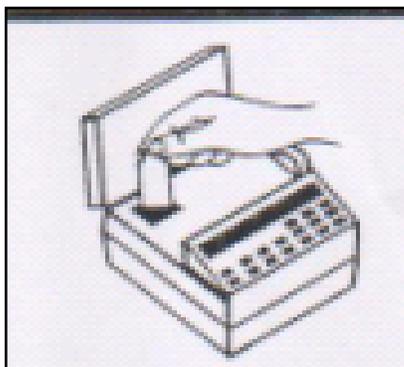
Figura 111. **Modo de ingreso para activar programa de análisis**



Fuente: Carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Sacar la muestra anterior, colocar la muestra preparada en el agujero del equipo y cerrar la tapa (ver figura 110).

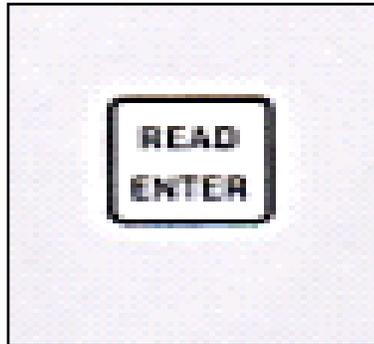
Figura 112. **Colocación correcta de muestra 2 es espectrofotómetro**



Fuente: Carretera al Pacífico, Amatitlán.

- Presione Read/Enter y la pantalla mostrará *wait* (espere). Entonces el resultado mostrado será miligramos por litros de hierro o lo que es igual partes por millon de hierro.

Figura 113. **Selección de Read/Enter para obtención de resultado final**



Fuente: Carretera al Pacífico, Amatitlán.

3.6.3. Hoja de control de resultados de los análisis

La hoja de control de resultados es la herramienta en la cual se especifican claramente todos los resultados de los análisis de las muestras, aquí también se detalla claramente la interpretación de estos para implementar las medidas necesarias en los equipos de donde proviene la muestra. Tener un control adecuado de los resultados que se obtienen durante el proceso de realización de los análisis de agua en cada uno de los motores es vital, debido a que del buen control de estos resultados dependerá la interpretación correcta de los mismos.

Las hojas de control (ver tablas XX y XXI) deben contener la información bajo los siguientes formatos:

Tabla XX. Hoja de control de resultados de los análisis de agua en los motores

HOJA DE CONTROL DE ANALISIS DE AGUA DE MOTORES														
Analista:							Fecha:							
Reportado a:							Empresa:							
Análisis	Agua	Límites de control Min - Máx	PLANTA GENERADORA 1				PLANTA GENERADORA 2						GCA	
			MAK 3	MAK 4	MAK 6	MAK 7	MAK 8	MAK 9	MAK 10	MAK 11	MAK 12	MAK 13	GCA 1	GCA 2
pH (Unidades de pH)	HT	9												
	LT													
Conductividad (umhos)	HT	2500 -6000												
	LT													
Nitratos (ppm NO ₂)	HT	1500 -2000												
	LT													
Hierro (ppm fe)	HT	Máx:1PPM												
	LT													

Los análisis muestran lo siguiente:

Circuito de agua:

HT

LT

Jefe de Planta

Fuente: elaboración propia.

Uso y manejo de la hoja de control de resultados tabla XX:

- Escribir con claridad en los espacios en blanco el nombre completo del analista, el nombre de la persona a quien se le reportarán los resultados de los análisis, la fecha en que se están realizando y el nombre de la empresa.
- La hoja de control muestra con claridad los análisis a realizar de arriba hacia abajo, los límites máximos y mínimos a los que deben estar los

resultados de cada uno de los análisis y la separación de motores por cada planta de generación de energía en su orden, planta generadora 1, planta generadora 2 y planta GCA, de izquierda a derecha.

- La hoja de control en su parte inferior hace referencia a los análisis, muestran lo siguiente; aquí en este espacio en blanco se escribe en forma breve la interpretación de los resultados como conclusiones esto por circuito de agua de cada uno de los motores.
- Por último, en su parte inferior lado derecho de la hoja de control se presenta un espacio destinado especialmente para la firma o visto bueno del jefe de planta, lo cual hace constar que lo realizado por el analista esta bien. Son dos hojas de control, una hoja de control es para el jefe de planta y la otra para el analista del laboratorio.

Tabla XXI. Hoja de control de resultados de los análisis de agua en suavizadores y separadores

ANÁLISIS DE DUREZA Y CONDUCTIVIDAD EN AGUA DE PLANTA GENERADORA									
Analista:				Planta:					
Fecha:				Reportado a:					
Semana 1	Dureza	Conductividad	Lugar de muestreo	Semana 2	Dureza	Conductividad	Lugar de muestreo		
Lunes			Separador No. Suavizador No.	Lunes			Separador No. Suavizador No.		
Martes			Separador No. Suavizador No.	Martes			Separador No. Suavizador No.		
Miércoles			Separador No. Suavizador No.	Miércoles			Separador No. Suavizador No.		
Jueves			Separador No. Suavizador No.	Jueves			Separador No. Suavizador No.		
Viernes			Separador No. Suavizador No.	Viernes			Separador No. Suavizador No.		
Sábado			Separador No. Suavizador No.	Sábado			Separador No. Suavizador No.		
Semana 3	Dureza	Conductividad	Lugar de muestreo	Semana 4	Dureza	Conductividad	Lugar de muestreo		
Lunes			Separador No. Suavizador No.	Lunes			Separador No. Suavizador No.		
Martes			Separador No. Suavizador No.	Martes			Separador No. Suavizador No.		
Miércoles			Separador No. Suavizador No.	Miércoles			Separador No. Suavizador No.		
Jueves			Separador No. Suavizador No.	Jueves			Separador No. Suavizador No.		
Viernes			Separador No. Suavizador No.	Viernes			Separador No. Suavizador No.		
Sábado			Separador No. Suavizador No.	Sábado			Separador No. Suavizador No.		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Dureza (ppm) no mayor a 1 ppm</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Conductividad (úhmos) rango entre 650 y 1100 úhmos</td> </tr> </table>								Dureza (ppm) no mayor a 1 ppm	Conductividad (úhmos) rango entre 650 y 1100 úhmos
Dureza (ppm) no mayor a 1 ppm									
Conductividad (úhmos) rango entre 650 y 1100 úhmos									

Fuente: elaboración propia.

Uso y manejo de la hoja de control de resultados tabla XXI:

- Escribir con claridad en los espacios en blanco el nombre completo del analista, el nombre de la persona a quien se le reportarán los resultados de los análisis, la fecha en que se están realizando y la planta generadora de donde se están sacando las muestras.

- La hoja de control muestra con claridad los análisis a realizar, los límites máximos y mínimos a los que deben estar los resultados de cada uno de los análisis se encuentran ubicados en la parte de abajo lado izquierdo de la hoja. La hoja de control hace referencia al lugar de muestreo, aquí se coloca el número del suavizador y el número del separador a los que se les esta sacando muestra.
- En su contenido la hoja de control toma en cuenta los días de la semana en la que se realizan los análisis y las semanas del mes descritas de semana 1 a semana 4.

3.6.3.1. Interpretación de resultados

De una buena interpretación y conclusión de resultados dependerá que las decisiones que se tomen para el mantenimiento o corregimiento de fallas en los motores sean las correctas. La tabla XX, muestra claramente una columna que detalla los límites permisibles a los que deben permanecer los resultados de los análisis; esto para asegurar con precisión, que la interpretación será la correcta.

La interpretación de los resultados permite conocer si un equipo funciona normalmente o bien detectar fallas mecánicas de sus partes que están en contacto directo y continuo con el agua; esto implica tomar el tiempo de las acciones necesarias para alargar tanto la vida efectiva de este, como también la del agua, lo que se traduce en un logro de mayor rendimiento de los motores.

En esta sección se define claramente la interpretación de los resultados de los análisis, la cual depende de la maquinaria que se esté analizando y de la prueba que se esté efectuando, por eso a continuación se mencionan las

posibles fallas que puede presentar el uso de agua con sus elementos de control fuera de rango y su interpretación, son como sigue:

- pH: la determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad. No mide el valor de la acidez o alcalinidad. Un pH menor de 7,0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor de 7,0 muestra una tendencia hacia lo alcalino. En el caso del agua de refrigeración de los motores solamente está permitido manejar un pH de 9 y en casos muy aislados manejar pH entre 8,5 y 10,5.

Para mantener un pH de 9 en el agua de refrigeración de los motores se hace necesario el uso de un químico conocido como DEWT NC; este químico no solamente controla el pH sino que también el resto de elementos que puedan estar presentes en poca o mucha cantidad en el agua. Un pH muy ácido o muy alcalino, puede ser indicio de una contaminación, por lo es necesario hacer análisis profundos para determinar el porqué de valores de pH bajos o elevados. El valor del pH en el agua se utiliza para conocer su tendencia corrosiva o incrustante.

El control de pH se hace necesario para evitar corrosiones internas en el sistema de refrigeración de los motores. Emplear agua con valores de pH arriba de 11 provoca que el refrigerante ataque el aluminio y el cobre, o los materiales no ferrosos.

Cuando el nivel es inferior a 7, el refrigerante se vuelve ácido y daña los materiales ferrosos. Cuando el nivel es inferior a 7 o superior a 11, la mezcla de refrigerante no es la adecuada. La temperatura afecta el nivel pH. A temperaturas mayores el pH es, por lo general, menor.

Manejar valores de pH fuera de los límites especificados provocará con el tiempo daños en los sistemas de refrigeración de los motores y traerá como consecuencia deterioro en bombas de agua, enfriadores de aceite, enfriadores de agua (radiadores), cámaras de circulación de agua de culatas, bloques de motores, uniones de tuberías, tuberías de conducción de agua, entre otros. Este deterioro en el sistema puede afectar grandemente el rendimiento de los motores, debido a que al dañarse estos componentes se estará provocando caudales de agua mas bajos, presiones insuficientes, temperaturas elevadas en el sistema, entre otros, por ejemplo un sobrecalentamiento en el motor puede generar una aceleración en la velocidad de oxidación del aceite lubricante, provocando de esta manera una deficiente lubricación, formación de depósitos de carbón y desgaste metálico con todas las consecuencias que esto significa.

Si se pone mayor atención a lo que ocurre en los cilindros, se verá que cualquier incremento de temperatura por encima del valor de diseño, provocará una disminución de la viscosidad de la película de lubricante sobre las paredes del cilindro, provocando el roce de metales con el consiguiente desgaste de las piezas. Este daño es de tipo irreversible, ya que si de manera inmediata mejoramos el enfriamiento, el desgaste producido no se podrá solucionar.

- Dureza: es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio, la dureza es caracterizada comúnmente por el contenido de calcio y magnesio. La dureza en el agua es indeseable y principalmente cuando se trata de utilizarla en los sistemas de refrigeración de los motores y equipos auxiliares; debido a que su presencia en niveles altos provoca incrustaciones en las tuberías y una pérdida en la eficiencia de la transferencia de calor.

Grandes cantidades de dureza son indeseables por razones antes expuestas y debe ser removida antes de que el agua tenga su uso apropiado en los sistemas de refrigeración de los motores; para esto se recurre a la utilización de suavizadores que como función tienen ablandar el agua o sea eliminar completamente del agua el contenido de calcio y magnesio para proporcionar agua de calidad (0 ppm de dureza).

La interpretación de la dureza se da en partes por millón (ppm) y su límite máximo para su uso en los motores es de 1 ppm. Entonces para evitar incrustaciones y problemas de corrosión en los sistemas de refrigeración de los motores, la dureza no debe ser mayor a 1 ppm. Cuando la dureza es mayor a 1 ppm, es señal de que el sistema de refrigeración de los motores está utilizando agua dura; por lo que se procede al cambio inmediato de suavizador y a la regeneración del que estaba proporcionando agua con valores de dureza fuera de lo permitido.

Si los valores de dureza son 1 ppm o inferiores a este valor, no hay de que preocuparse debido a que no hay problema de que se puedan presentar problemas de agua dura en los sistemas de refrigeración de los motores. Normalmente los suavizadores cuando se regeneran y se ponen en funcionamiento proporcionan durante 10 días continuos agua suave (1 ppm o menor a 1 ppm).

Conductividad: llamada también conductividad eléctrica, se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución para conducir la corriente eléctrica, o visto de otra manera se refiere a la cantidad de electricidad que el agua puede conducir. Se expresa en magnitudes químicas. El agua pura, prácticamente no conduce la corriente, sin embargo, el agua con sales disueltas conduce la corriente eléctrica. Cuanto mayor es la

concentración de minerales, mayor es la conductividad del agua o bien la conductividad es más alta cuando la concentración de sales disueltas es mayor.

El agua de un circuito de refrigeración tiene como función enfriar un sistema. El calor cedido al agua por el sistema se elimina por evaporación y esta pérdida de agua se suple con una alimentación al circuito. La evaporación del agua puede causar la concentración de sales disueltas y su incrustación en la instalación. Por lo general, la concentración de sales de un agua en un circuito de refrigeración suele ser tres veces mayor que la concentración del circuito de alimentación.

Haciendo énfasis en la interpretación de resultados se tiene lo siguiente: valores de conductividad altos presentes en el agua dan muestras de cantidades altas de concentración de minerales; en el caso de los motores los valores de conductividad tienen que estar entre 2 500 y 6 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cuando la conductividad del agua de refrigeración de los motores se encuentra abajo de su límite inferior es muestra de pérdida de agua en el sistema; cuando está por arriba de su límite superior es señal de cantidades extremas de minerales disueltos en el agua lo que provocará formación de corrosión e incrustaciones en el sistema.

- Contenido de nitritos: la finalidad de tener un contenido de nitritos estable en el agua se debe a su acción anticorrosiva, antibacterial y su alta protección al hierro y otros elementos del sistema de refrigeración de los motores. Algunos microorganismos son capaces de causar corrosión en las superficies metálicas que se encuentran en contacto directo con el agua. Es aquí donde se hace necesaria la realización de análisis de nitritos debido a que niveles bajos de nitritos (debajo de su límite inferior permisible) da indicios de contaminación por bacterias o pérdida de agua

en los motores, lo que provoca con el tiempo daños en el sistema de refrigeración (alta corrosión en sistema, cavitación, oxidación, agua de baja calidad, ataque de elementos ácidos, depósitos excesivos de carbonatos, baja transferencia de calor, altas temperaturas).

Niveles de nitritos elevados no indican problema, solamente se recomienda tener un control de que la concentración no sobrepase los límites, y para esto dosificar el agua de los motores con base en la guía propuesta (ver tabla XVIII), para no sobredosificar el agua del sistema.

- Contenido de hierro: el agua en sí, tiene generalmente algunas características minerales propias. Debido a que el hierro es uno de los minerales más abundantes, este es muy frecuente encontrarlo en las aguas y máximo en agua empleada como medio de refrigeración para motores. Cuando hay demasiado hierro en el agua se puede observar un color rojizo.

El análisis de hierro en el agua de motores es importante debido a que su presencia representa el grado de desprendimiento de material, que puede presentar el sistema de refrigeración en cualquiera de sus espacios por los que circula el agua.

Altos contenidos de hierro (más de 1 ppm) da indicios de presencia de corrosión y deterioro prematuro de los sistemas de refrigeración, debido a una baja protección que el inhibidor de corrosión da, ya sea por dosificaciones mal realizadas o por la pérdida de propiedades de este en el sistema, debido a fugas.

Otro punto importante a considerar es que, cuando los motores son nuevos y se ponen a funcionar por primera vez, el desprendimiento o la contaminación por hierro en el agua tiende a ser alta; después de un largo tiempo de funcionamiento tiende a desaparecer. Siempre hay que tener un monitoreo constante a estos motores tratando siempre de bajar lo antes posible su contenido de hierro, para prevenir deterioro de otros elementos del sistema de refrigeración.

3.6.4. Control estadístico de muestras de agua

Las razones para monitorear los resultados de los análisis son:

- Controlar la contaminación es el primer paso y el más crítico en el análisis de agua.
- Detectar fallas de aplicación: presiones altas, temperaturas elevadas, vibraciones, fallas en arranque, fatiga en materiales.
- Detectar a tiempo alguna falla en progreso: de los sistemas de refrigeración de los motores (bombas de agua, enfriadores de aceite, radiadores, separadoras, bloque de motores, cámaras de refrigeración de culatas, tuberías).
- Detectar rápidamente cualquier cambio en el ingreso de contaminantes.
- Mayor control en el uso de suavizadores.
- Interpretación correcta de los resultados.
- Proteger los materiales de los sistemas de refrigeración de los motores.
- Elevar el desempeño del sistema de refrigeración en los motores.
- Extender la vida útil de los sistemas de refrigeración.
- Tener un control sobre el uso óptimo del inhibidor de corrosión.
- Proteger otros sistemas de los motores que estén relacionados con el sistema de refrigeración (sistema de lubricación).

3.6.4.1. Estándares y especificaciones de agua

Las especificaciones que respectan al agua están delimitadas por el fabricante de los motores y por el proveedor del inhibidor de corrosión. Estos estándares y especificaciones (ver tabla XXII) permiten visualizar de mejor forma los valores límites de las características más importantes que presenta el agua; lo que hace contar con mas información sobre el agua que se está empleando para el funcionamiento óptimo del sistema de refrigeración de los motores y equipos auxiliares, y permitir así, la elaboración efectiva de los gráficos de control.

Tabla XXII. **Especificaciones de calidad para el agua**

Característica	Unidades	Método	Valores Mín - Máx
pH	Unidades de pH	Método del pH	9
Dureza	ppm	Método de la dureza	1 Máx
Conductividad	$\mu\text{S/cm}$	Método de la conductividad	2 500 – 6 000
Nitritos	ppm	Método DEWT NC	1 500 – 2 000
Hierro	mg/l fe (ppm)	Método ferrover	1 Máx

Fuente: Manuales CAT y Manuales Gebetz.

3.6.4.2. Establecimiento de límites de control

En el laboratorio interesa monitorear la variación que pueda presentar el contenido de nitritos en el agua del sistema de refrigeración de los motores. Se aplican los gráficos de control para poder observar las tendencias de aumento o disminución del contenido de nitritos en el agua, y cuidar que así las variables de control no se salgan de los límites permisibles anteriormente especificados. Es por esto que los límites de control para el monitoreo del contenido de nitritos

y demás parámetros del agua son iguales a las especificaciones, debido a que se controla el desempeño que estos puedan tener dentro de los motores para evitar fallas en los mismos.

El límite máximo de contenido de nitritos en el agua de circulación del sistema de refrigeración de los motores debe ser de 2 000 ppm, y el límite mínimo permisible debe ser de 1 500 ppm.

3.6.4.3. Gráfico de control para contenido de nitritos

El gráfico de control para contenido de nitritos ayuda a tener una mejor visualización de la tendencia al aumento o a la disminución de los mismos, en un período de tiempo determinado para la detección rápida y efectiva de fallas en el sistema de un motor.

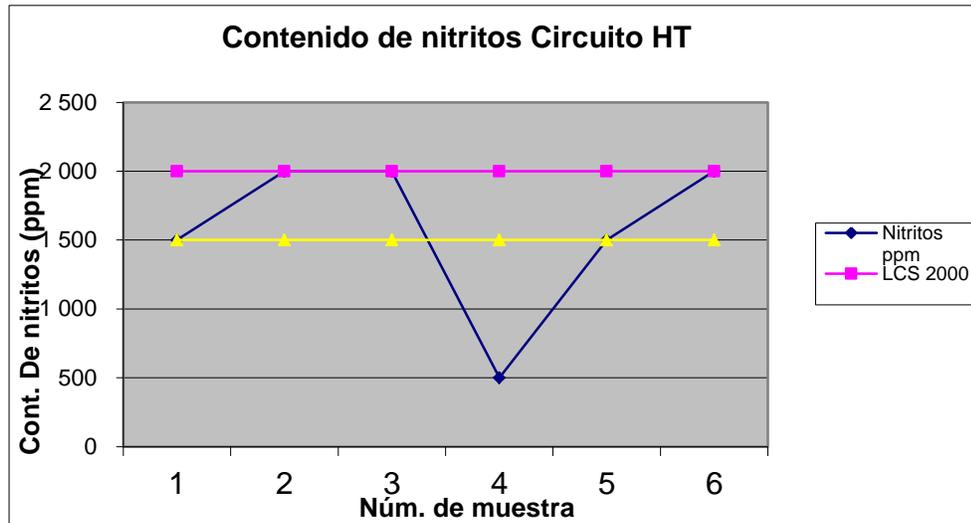
A continuación se presenta (ver tabla XXIII) un ejemplo del monitoreo que se le hizo al motor Mak 8 de la planta generadora, basado en el análisis de 6 muestras y con lo cual se dio paso a elaborar los gráficos 3 y 4.

Tabla XXIII. **Lecturas de contenido de nitritos en partes por millon en agua de refrigeración de motor Mak 8**

Muestra núm.	1	2	3	4	5	6
Circuito HT	1 500	2 000	2 000	500	1 500	2 000
Muestra núm	1	2	3	4	5	6
Circuito LT	1 500	2 000	2 000	500	1 500	2 000

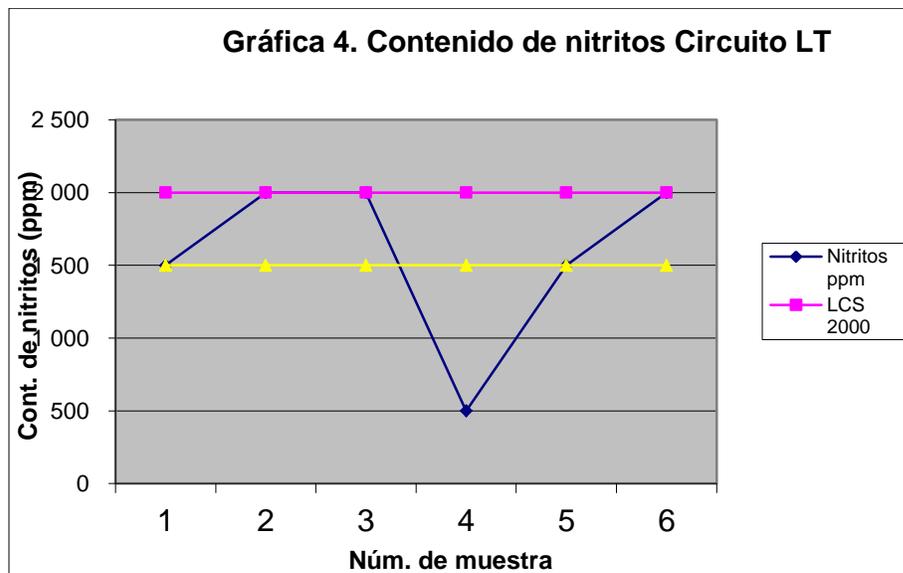
Fuente: elaboración propia.

Figura 114. Contenido de nitritos circuitos HT



Fuente: elaboración propia.

Figura 115. Contenidos de nitritos circuitos LT



Fuente: elaboración propia.

3.6.4.4. Análisis de causas de variación en el diagnóstico

Después de la elaboración cuidadosa de los gráficos de control para el contenido de nitritos (circuito HT y circuito LT) queda el último paso, que es encontrar la causa de la variación del contenido de nitritos encontrada, y esto solo se puede realizar observando los gráficos de control estadístico.

Haciendo referencia las figuras 112 y 113 (contenido de nitritos circuito HT y circuito LT), se puede observar claramente que los nitritos en la muestra 1 están en su límite inferior, esto indica según los análisis de la semana anterior a la toma de la muestra 1, que el contenido de nitritos en ese momento no venía siendo estable, ya que era de 1 500 ppm y se empezó a tener sospechas de alguna fuga en el sistema o contaminación por bacterias, debido a que la conductividad y el pH también presentaron variación; entonces se recomendó que se dosificara con mayor cantidad de químico DEWT NC y a tener un monitoreo más continuo.

El añadir más cantidad de químico elevó el contenido de nitritos y esto se enmarca claramente en los resultados de la muestra 2 y 3 de ambos sistemas, debido a que esta dosificación se realizó por dos semanas continuas mientras se encontraba la falla, para evitar daños prematuros en el sistema y motor en general. La muestra 4 enmarca claramente una disminución notable del contenido de nitritos, esto debido a que se detectó fugas de agua en el intercooler del motor.

Se recomendó cambiar intercooler; y a causa de este cambio se botó toda el agua del sistema, por lo que se procedió a llenar con agua suave todo el

circuito de agua de refrigeración para ambos sistemas, y las propiedades del químico se perdieron considerablemente.

Por último, se observa en los gráficos una elevación muy clara del contenido de nitritos a partir de la muestra 4 a la 6, esto porque se detectó la falla a tiempo, se corrigió debidamente y se dosificó rápidamente con el químico en las medidas recomendadas, para recuperar inmediatamente las propiedades en el agua.

Se recomienda tener mayor control en este motor para evitar cambios bruscos de pérdida de contenido de nitritos en el agua; lo cual si no se detecta a tiempo puede causar daños severos en el motor; también tomar en consideración la dosificación correcta del químico; para mantener en óptimas condiciones el agua para el sistema de refrigeración.

3.6.5. Conclusiones de resultados

Junto con la interpretación de los resultados, las conclusiones deben ser lo más claras, breves, precisas y certeras posibles ya que de esto dependen las medidas que se tomarán para la corrección inmediata de las fallas, o en su caso más delicado la reparación completa de algún elemento del sistema. Se debe estar consciente que en la presentación de las hojas de control de resultados al jefe de planta, se está juzgando la confianza del analista del laboratorio y del laboratorio como medio de servicio. Por lo que las conclusiones deben ser claras (ver tabla XXIV) tomando muy en cuenta los resultados de los análisis, esto para que cuando se pase esta información al jefe del Departamento de Operaciones y Mantenimiento se tomen conjuntamente decisiones, correctas para el corregimiento de las fallas si existieran y para

llevar un control eficiente del comportamiento del agua en los motores. Las conclusiones se obtienen de la interpretación de los resultados.

Tabla XXIV. Informe final de análisis de agua en motores de planta generadora

HOJA DE CONTROL DE ANÁLISIS DE AGUA DE MOTORES														
Analista: Christian Alfredo Peña Portillo										Fecha: Miércoles 28 de Junio de 2006				
Reportado a: Ing. Mario del Valle										Empresa: Gesur				
Análisis	Agua	Límites de control Mín - Máx	PLANTA GENERADORA 1			PLANTA GENERADORA 2						GCA		
			MAK 3	MAK 4	MAK 6	MAK 7	MAK 8	MAK 9	MAK 10	MAK 11	MAK 12	MAK 13	GCA 1	GCA 2
pH (Unidades de pH)	HT	9	9	9		9	9	9	9	9	9	9	9	9
	LT		9	9		9	9	9	9	9	9	9	9	9
Conductividad (umhos)	HT	2500 -6000	4575	4660		2475	1870	4610	3301	4986	4770	5301	4579	2345
	LT		5985	4152		4477	2345	5460	5890	8525	5678	4030	5678	3629
Nitritos (ppm NO2)	HT	1500 -2000	1500	2000		1000	500	1500	1000	2000	1500	1500	2000	1000
	LT		2000	1500		1000	500	2000	1500	2000	2000	1500	2000	2000
Hierro (ppm fe)	HT	Máx 1PPM	0.78	0.72		0.21	0.21	0.22	0.24	0.26	0.96	0.98	0.93	0.91
	LT		0.24	0.12		0.15	0.38	0.2	0.08	0.29	0.82	0.83	0.53	0.25

Los análisis muestran lo siguiente: Motor 6 no presenta resultados por realización de medio overhaul. Del resto de motores el motor 7, 8 y 10 son los que presentan resultados con valores fuera de sus límites.

Circuito de agua:

MAK 7 HT	Bajo residual de nitritos por trabajos medio overhaul, conductividad baja por relleno de sistema con agua suave sin químico.
MAK 7 LT	Bajo residual de nitritos por trabajos medio overhaul
MAK 8 HT	Bajo residual nitritos por cambio de Intercooler, conductividad baja por pérdida de agua en intercooler.
MAK 8 LT	Bajo residual nitritos por cambio de intercooler, conductividad baja por pérdida de agua en intercooler.
MAK 10 HT	Bajo residual nitritos por pérdida de agua, realizar inspecciones minuciosas en todo el sistema de refrigeración del motor, para evitar fallas severas que perjudiquen su rendimiento y funcionamiento.

Jefe de Planta

Fuente: elaboración propia.

3.6.6. Medidas a tomar de acuerdo a resultados obtenidos

Dependiendo de los resultados que se obtengan luego de la conclusión de resultados; el jefe del Departamento de Operaciones y de Mantenimiento

son los encargados de tomar decisiones al momento de corregir fallas o averías de acuerdo al informe presentado.

De acuerdo a los resultados y a las conclusiones obtenidas se sugiere lo siguiente:

- Controlar el nivel de agua del tanque de compensación del motor Mak 10 circuito HT, para evitar sobrecalentamiento en el motor, esto debido a que el contenido de nitritos sigue bajo y de acuerdo a análisis realizados no presenta contaminación por bacterias; por lo que su pérdida de agua se debe a alguna fuga en el sistema. Planificar la inspección al sistema de refrigeración para evitar las pérdidas continuas de agua en el sistema.
- Finalizado el *overhaul* realizado al motor Mak 6, controlar continuamente los resultados de los análisis de pH, conductividad, hierro y más aún el contenido de nitritos; esto para añadir la cantidad adecuada de químico para recuperar las propiedades perdidas por el agua de refrigeración.
- Debido los trabajos de medio *overhaul* realizados al motor Mak 7, se sugiere dosificar el agua de refrigeración del sistema con químico Dewt Nc, para recuperar las propiedades que se perdieron por el vaciado del sistema de refrigeración.
- El resto de motores presenta resultados de acuerdo a los límites de control permitidos; por lo que se recomienda seguir con el muestreo periódico para seguir llevando un control efectivo.
- Controlar la conductividad del motor GCA 2 en el circuito HT y LT, ya que como se observa en la hoja de control los valores de conductividad están

bajando considerablemente lo que puede ser causa de alguna pérdida de agua en el sistema.

- Los niveles de hierro se encuentran dentro de los límites de funcionamiento de todos los motores, solamente se sugiere seguir con el muestreo mensual y cualquier variación en los resultados tomarla muy en cuenta para detectar posibles contaminaciones y evitar fallas en los sistemas.
- El programa del tratamiento de aguas se supervisa con algunas pruebas simples, y las pruebas del control son la base sobre la cual se ajusta la dosificación química. La prueba y la dosificación del producto químico se debe hacer sobre una base regular y son una parte vital de un programa acertado del tratamiento; para esto tomar en cuenta el contenido de nitritos de cada uno de los motores y la cantidad correcta a dosificar, basándose en la tabla XVIII.

4. ESTIMACIÓN DE RESULTADOS ESPERADOS DEL DISEÑO

4.1. Resultados del análisis

Con respecto a los análisis de aceites lubricantes, combustible (bunker) y agua propuestos, se tiene los siguientes resultados justificados:

- Resultados de los análisis con una alta precisión debido a que todos los análisis que se realizan están aprobados por las normas ASTM.
- Procedimientos de fácil aprendizaje y rápida obtención de los resultados para todas las pruebas.
- Manejo de equipo de laboratorio bastante sencillo, debido a que un mismo equipo realiza de 3 hasta 4 análisis distintos.
- Equipo de laboratorio de alta tecnología.
- Se cubre a totalidad con todas las necesidades de análisis que requiere la empresa, personal de operaciones y personal de mantenimiento debido al sistema estructurado.
- Se ha logrado dar información técnica sobre temas en los cuales se ha profundizado, como por ejemplo los subcapítulos de las secciones 3.4.2, 3.5.2 y 3.6.4 en los que se exponen conocimientos básicos acerca de los contaminantes y elementos que son analizados.

- Se ha definido el fundamento científico de cada prueba o análisis que se realiza como por ejemplo el análisis de viscosidad.
- Se han propuesto los análisis más importantes con equipo ideal para realizarlos, por lo que se concluye que este trabajo puede ser llevado a la práctica por cualquier empresa que lo requiera no importando su tamaño.
- Se han descrito claramente paso a paso los procedimientos analíticos de aceite, bunker y agua para la realización efectiva de los análisis.

4.2. Resultados de las hojas de control de los análisis

Las hojas de control de los análisis almacenan en el formato diseñado la información requerida para tener un control óptimo de los resultados que se obtienen, esto con el fin de interpretar y concluir efectivamente sobre la detección de alguna falla o avería que pueda presentar cualquiera de los sistemas (sistema de refrigeración, sistema de lubricación y sistema de combustible).

La interpretación de los resultados de los análisis de aceite, combustible y agua son el "corazón" de este trabajo, pues sirve de algo haber analizado el aceite, el combustible y agua, pero al desconocer los límites permisibles de cada uno de los elementos que se analizan y desconocer las características de los diferentes motores y sus componentes, se es incapaz de establecer la condición actual de los motores y condición del aceite, combustible y agua.

Se ha elaborado una teoría sustanciosa en el campo de la ingeniería mecánica y se han observado los siguientes resultados de campo:

- Se han definido los límites permisibles en los cuales deben permanecer el agua, el aceite y el combustible, dependiendo de las pruebas a realizar; esto para que los motores operen dentro de los rangos permisibles de funcionamiento. Esto se realizó sabiendo que pueden existir otros motores que no estén entre esos rangos. Cuando suceda esta situación, lo que se debe hacer es analizar estas máquinas en sus primeros meses de funcionamiento, y determinar sus desgastes ideales así como la presencia en mayor número de algunos contaminantes, o bien se puede exigir al fabricante de la máquina los límites de funcionamiento para la máquina, pues la persona que mas conoce la máquina es el fabricante.
- Se han separado por sistemas las interpretaciones de los resultados, debido a que no son las mismas causas las que provocan desperfectos en los motores. La clasificación es la siguiente: motores de combustión interna; sistema de refrigeración, sistema de lubricación y sistema de combustible. Esta separación en la interpretación y manejo adecuado de las hojas de control convierte el presente trabajo en una bibliografía aplicable al campo automotriz e industrial, es decir aplicable en todo campo de trabajo de maquinaria.
- Los límites y las causas de su variación que se han presentado, proporciona una garantía de poder ofrecer al personal de operaciones y de mantenimiento, un buen diagnóstico de los motores y del aceite, agua y combustible que se emplee, pues se basan en experimentos de campo que han sido desarrollados conforme el crecimiento de la industria.

4.3. Resultados del control estadístico

Respecto al control estadístico de las muestras de aceite lubricante, combustible y agua usados, se han tenido los siguientes resultados justificados:

- El gráfico de control de viscosidad ha resultado un arma vital para evitar el deterioro prematuro de la maquinaria. Este es un maravilloso y seguro resultado. En el sistema de lubricación del motor Mak 8 mencionado en la sección 3.4.4.3, se ha detectado que el aceite de lubricación del motor, se ha salido del rango permisible superior de viscosidad; tomar en cuenta que solo se salió en una parte del muestreo y luego volvió rápidamente a estar entre los rangos permisibles.

El aumento de la viscosidad y la disminución inmediata de la misma deja claro que se debió a que en algún momento se rellenó o endulzó el aceite del motor con aceite nuevo, y esto produjo una elevación de la viscosidad provocando que se saliera de su límite superior permisible, ya que seguidamente la muestra 5 y 6 permiten ver relativamente una disminución notable de la viscosidad.

Cuando se analicen los gráficos de control tomar en cuenta también no solo la propiedad que enmarca el gráfico, sino que también las otras propiedades del aceite que pueden provocar una variación en esta. Es por esto que no hay que descartar también que el aumento de la viscosidad en la muestra 4 pudo ser por la presencia de agua en el aceite la cual origina emulsiones altamente viscosas, por oxidación del aceite o contaminación con materiales insolubles o también por contaminación del aceite con combustible de mayor viscosidad en su caso bunker.

Todas estas otras posibilidades se descartan debido a que en su momento también se hicieron estos análisis, los cuales mostraron estar entre los límites permisibles, por lo que la investigación de resultados de otros análisis y los conocimientos dicen que fue por el endulzado o relleno de aceite nuevo al tanque de circulación del motor, ya que en ese momento también se hizo análisis de TBN y dio un valor bajo por lo que se procedió a hacer un endulzado del 10 % al motor para aumentar el TBN del aceite, lo que provocó el aumento de la viscosidad; por lo tanto no hay por que preocuparse ya que se mantienen las lecturas entre los rangos.

Otro punto que se debe cuidar es que la viscosidad en los aceites no pase de los límites permisibles, pues podrían producir altos costos de mantenimiento. También es conveniente saber que cuando un motor trabaja por largo tiempo con viscosidades altas o bajas, son muchas averías las que pueden sucederle al motor y equipos auxiliares.

- En el caso del gráfico de control de viscosidad de bunker, se puede decir que ayuda a visualizar de una manera relativamente fácil la calidad que pueda presentar el combustible antes de su uso en los motores, para que así el operador de motores pueda hacer la programación debida en el sistema de combustible para poder iniciar el proceso de tratamiento y limpieza del mismo para su posterior uso en el sistema de inyección. Por ejemplo, en la tabla XIV y gráfica 2, se pudo observar que la viscosidad durante el monitoreo que se realizó varió considerablemente de un día a otro, dando su mayor variación en la muestra 3 saliéndose de su límite inferior permisible. Debido a que la muestra 3 no representa un valor muy bajo de viscosidad respecto al límite inferior y respecto a las otras muestras analizadas; se recomendó controlar los parámetros y

regímenes de los motores durante su funcionamiento y cualquier variación que estos pudieran presentar, se recomendó al operador que si existían variaciones que hiciera las correcciones necesarias para evitar paros y fallas inesperadas en los sistemas de los motores.

A partir de lo recomendado respecto al monitoreo que se hizo, se pudo observar claramente que no hubo necesidad de hacer variar los parámetros de uso en ninguno de los sistemas de los motores, debido a que la disminución en la viscosidad no fue demasiado baja y el sistema de combustible operó con toda normalidad. Respecto a lo que pueda ocasionar en el sistema de combustible la utilización de combustible con viscosidades fuera de sus límites se pueden mencionar: si la viscosidad del combustible es demasiado elevada, el sistema de aceite térmico no será capaz de llevar el combustible a la temperatura requerida, lo que provocaría fallas severas en el sistema de combustible.

En casos extremos, la transferencia del combustible puede ser muy difícil y la máquina podría sufrir un bajo rendimiento y la posibilidad de daños, si no se aplica el suficiente calor previo a la inyección.

Es recomendable controlar que la viscosidad en el combustible no sea demasiado alta ni demasiado baja, debido a que al operar los motores fuera de rangos ocasionaría fallas en el sistema de combustible y otros sistemas.

- El gráfico de control de contenido de nitritos en el agua de refrigeración ha resultado un arma vital, para evitar el deterioro prematuro de los sistemas de refrigeración de los motores. En el sistema de refrigeración mencionado en la sección 3.6.4.3, se detectó que el agua de

refrigeración del motor Mak 8 disminuyó notablemente en su contenido de nitritos, y se pudo mantener estable debido a que en su momento se recomendó la dosificación continua con el químico Dewt Nc, esto se hizo para evitar la pérdida rápida de las propiedades del agua, mientras se determinaba con certeza la avería en el sistema.

Los gráficos 3 y 4, ayudaron a ver con certeza la tendencia en disminución que venía teniendo el agua de refrigeración, y a través de esto se entró en sospechas y se procedió a la búsqueda de la falla, la cual se detectó y se menciona a continuación: la avería que se encontró es que en el intercooler del sistema de refrigeración se detectó una fuga, la cual provocó que el contenido de nitritos disminuyera, aquí también se vio afectada la conductividad del agua.

Detectada la falla, se realizaron las correcciones debidas para evitar la formación de bacterias en el sistema y se procedió rápidamente a la recuperación inmediata de las propiedades del agua.

Los gráficos de control para contenido de nitritos ayudan también a tener un mejor control sobre los resultados; para proceder con certeza a la dosificación requerida con el químico Dewt Nc para el agua de los motores.

Al principio de este trabajo se había previsto que estos gráficos de control solamente servirían para analizar las tendencias de aumento o disminución de los parámetros de control, y resulta que también han servido para analizar problemas de causa-efecto en la composición de los aceites, combustible y agua que funcionan en los motores. Con respecto a los monitoreos que se realizaron a algunos motores, se ha

observado que los gráficos de control han llegado a ordenar predictivamente reparaciones o inspecciones, que el mantenimiento preventivo no sería capaz de señalar.

4.4. Resultados del sistema en conjunto

Los resultados del sistema como un solo elemento solamente pueden enmarcarse o resumirse en la calidad que brindará el sistema, y la satisfacción que la empresa obtendrá con la aplicación correcta del mismo. Un buen seguimiento y control acertado a cada uno de los sistemas propuestos, dará como resultado un servicio de análisis efectivo y tendrá como satisfactor principal a la empresa como entidad, y a cada una de las áreas de la misma en las que el uso del sistema será indispensable para su funcionamiento; cabe mencionar área de Operaciones y área de Mantenimiento.

A continuación se presenta el enfoque de calidad del sistema en el servicio a la empresa.

4.4.1. El diseño del sistema como un enfoque de calidad en el servicio a la empresa

Analizando los conceptos de calidad y hablando de las necesidades y expectativas de la empresa (área de operaciones y área de mantenimiento), se puede definir tres clases de necesidades de estas dos áreas, con respecto a un bien o servicio:

- **Insatisfactores:** son aquellas necesidades que se esperan en un producto o servicio. Por lo general no las establece el personal de la empresa (en este caso los que conforman el área de Operaciones y de

Mantenimiento) sino que estos suponen que ya existen. Si no los hay, el personal no queda satisfecho. En el caso del químico para el agua, el personal sabe que el recipiente debe venir con el sello de garantía de la fábrica, con sus especificaciones en el bote, formas de uso, entre otros.

- Satisfactores: son las necesidades que el personal de la empresa expresa. El llenar estas necesidades crea satisfacción. En el caso del químico para el agua, la asesoría técnica, al recomendar cierto tipo de químico para el tratamiento del agua de los motores, orienta al personal aún mas en la selección adecuada de este.
- Estimuladores o deleitadores: son características nuevas o innovadoras que no espera el personal de la empresa. La presencia de estas características imprevistas conduce a altas evaluaciones de calidad. En el caso de la asesoría técnica para el agua de uso en motores, un servicio innovador que llama la atención del personal es el servicio de análisis de agua y diagnóstico de motores que se realiza.

Es decir, que el brindar un servicio de análisis de laboratorio de aceites lubricantes, combustible y agua en una empresa generadora de energía eléctrica, mantendría aún mas satisfecho al personal de Operaciones y de Mantenimiento; los cuales están necesitados de innovación.

El éxito del sistema depende del buen manejo de las muestras desde que son tomadas de los motores hasta que se realiza el informe de resultados al jefe de planta.

Con la formación del sistema de análisis de aceites, combustible y agua usados, se ha formado una estrategia importantísima para poder realizar

ventajosamente sobre otras plantas de generación de energía los análisis de aceites lubricantes, combustible y agua, con lo que se estaría obteniendo una ventaja competitiva, evitando paros no programados, fallas o averías inesperadas, lo que traería consigo generación de energía eléctrica en cualquier momento que se requiera debido a la disponibilidad de los motores, reducción de costos por mantenimiento, alargamiento de la vida útil de los motores y equipos auxiliares.

5. PROPUESTA DE MANUAL DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE Y ACEITE LUBRICANTE

Se toma como punto de inicio el contar con la documentación necesaria para tener el conocimiento mínimo requerido de líquidos inflamables, su uso, manipulación, almacenaje, peligrosidad, entre otros, descripción general de la ubicación del área de almacenaje, identificación de tanques, composición, características, propiedades físicas y químicas de los combustibles, para luego dar paso a la creación de la propuesta.

Las actividades en el área de Almacenaje de Combustibles se orientan específicamente al área de Operaciones de la empresa, por lo que los combustibles y aceites lubricantes deben ser sometidos a una serie de manipulaciones con base en procedimientos técnicos establecidos.

La importancia de la propuesta radica en que tanto la empresa como el personal que en ella labora, se concienticen de lo trascendental que es poseer un manual que especifique y delimite lineamientos, procedimientos y medidas de seguridad, con lo que se obtendrá proteger a las personas, a las instalaciones de la planta, y el entorno donde estas se encuentran, evitando o minimizando el riesgo de incendios y la contaminación del medio ambiente.

5.1. Documentación necesaria

La temperatura de inflamabilidad es el nivel de temperatura en el que hay una cantidad suficiente de vapores para provocar un incendio de una fuente inflamable o calor.

La temperatura de inflamabilidad representa el nivel de temperatura en el que hay una cantidad suficiente de vapores que crea una mezcla inflamable con el aire. Ejemplo: el del bunker es de 65 °C y el del aceite (Taro 40XL40) es de 238 °C.

Un producto puede evaporarse por debajo de su temperatura de inflamabilidad, en particular si se rocía, calienta o extiende finamente en una superficie. La temperatura de inflamabilidad de los líquidos combustibles se sitúa entre 37,8 y 93,3 °C. Por lo tanto, el bunker que tiene una temperatura de inflamabilidad de 65 °C se clasifica como un líquido combustible.

Los combustibles pueden ser sólidos (madera, papel), líquidos (gasolina, bunker, diésel) y gaseosos (gas licuado de petróleo, gas natural). Según el material los fuegos se clasifican en: Tipo A: combustibles ordinarios (madera, papel, tela, cartón); Tipo B: líquidos inflamables (gasolinas, pinturas, diésel, lacas, diluyentes); Tipo C: eléctricos y Tipo D: químicos (magnesio, sodio, reacciones exotérmicas).

- Sólidos inflamables: se encienden con el calor y la fricción. Por otro lado, una chispa puede provocar una explosión de partículas sólidas muy finas por ejemplo aserrín. El fango con contenido de plomo es considerado un sólido inflamable. Incluso un producto con una temperatura de inflamabilidad alta (como el diésel: 40 °C) resulta peligroso cuando se

encuentra en forma de rocío o como una capa fina en una superficie amplia. Debe observarse que mientras más amplia sea la superficie en la que se extiende, el producto se evaporará mas rápidamente.

Los productos derivados del petróleo requieren una concentración mínima en la atmósfera para ser inflamables o explosivos. La mezcla de vapores de gasolina es explosiva cuando su concentración en el aire se encuentra entre 1,4 % (límite inferior de inflamabilidad o explosividad; LIE) y 7,6 % (límite superior de inflamabilidad; LSE). Todos los líquidos derivados del petróleo (diésel, gas, bunker, aceite) tiene aproximadamente el mismo margen de inflamabilidad. Los oxidantes que se encuentran en la atmósfera.

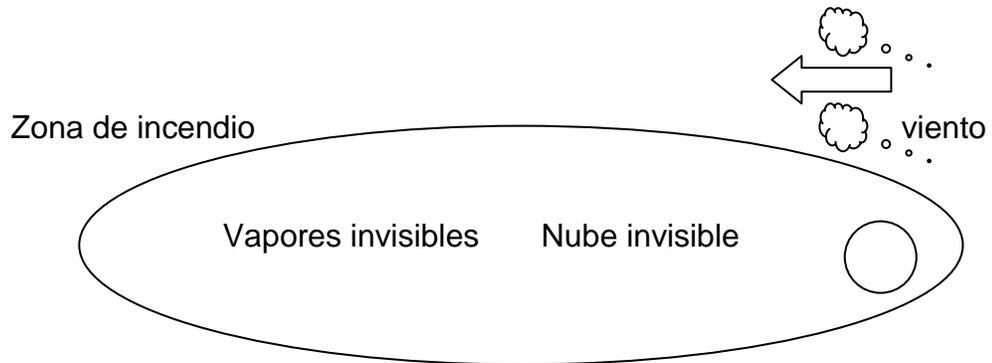
Cuando la mezcla es muy densa no hay suficiente oxígeno para que se produzca la combustión, pero se vuelve inestable y puede contener espacios menos densos que resultan inflamables. Por otro lado, si el viento desplaza estos vapores, la densidad disminuye y la atmósfera se vuelve inflamable. La ventilación y remoción de gases de un tanque con el propósito de descontaminarlo podrían crear en primer lugar una atmósfera dentro del margen de inflamabilidad. Por lo tanto, deben retirarse las fuentes que puedan provocar un incendio y reducir al mínimo la cantidad de trabajadores que se encuentran cerca del tanque; el mismo procedimiento se puede efectuar cuando se está descargando bunker o aceite en los tanques, esto para evitar accidentes.

- Elementos importantes de productos inflamables: límite de inflamabilidad o explosividad inferior y superior: concentración mínima y máxima de vapor o gas en la que pueden incendiarse o explotar al entrar en contacto con el calor o con una fuente de inflamación. Un mayor o menor

porcentaje aumenta los riesgos. Se puede ver que mientras más pesados sean los vapores, más desplazarán al oxígeno. De manera que resulta más fácil tener una atmósfera muy rica si el margen de inflamabilidad es reducido.

- Lugares donde se pueden encontrar vapores: en los suelos contaminados a causa de un derrame o fuga de combustible, a través de tubería rota o fisuras, en el fondo de un tanque de almacenamiento de combustible, en los llenaderos de los tanques, en los fangos y residuos existentes en un tanque de depósito de combustible, en tuberías de respiración, en los camiones específicamente en los *manhole*.
- El viento esparce los vapores y, debido a que los vapores son más pesados que el aire, se acumulan a nivel del suelo, se filtran en excavaciones y otros orificios, y descienden incluso las pendientes (ver figura 112), la nube de vapor se mantiene relativamente compacta y no se disipa rápidamente. En presencia de vapores inflamables debe estar consciente en todo momento que existe la posibilidad de que se produzca un retorno de flamas. En efecto, los vapores pueden inflamarse a una gran distancia de su punto de origen y en este caso la flama regresará rápidamente.

Figura 116. **Dispersión de vapores**



Explosión = Fuego + Vapores

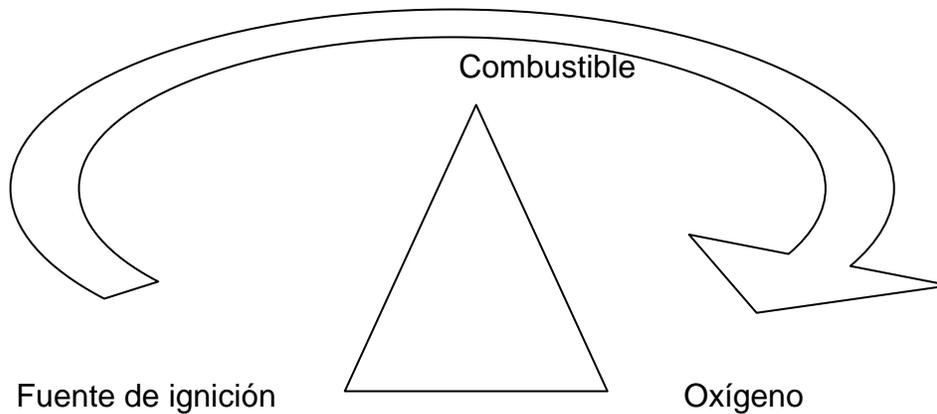
Derrame de líquido inflamable
o fuente de vapores

Fuente: elaboración propia.

- Orden de eliminación de riesgos: para apagar un incendio se debe eliminar como mínimo uno de los tres agentes del triángulo del fuego (combustible, calor o fuente de ignición y oxígeno), y el orden debe ser (ver figura 113).

Fuente de ignición, material combustible y por último oxígeno.

Figura 117. **Eliminación de riesgos**



Fuente: elaboración propia.

- **Materiales inflamables y combustibles:** los materiales inflamables y combustibles se encienden con mucha facilidad, por lo tanto debe tenerse mucho cuidado cuando ocurre un derrame o al ventilar un tanque. Las fuentes que pueden originar un incendio son muy diversas, entre ellas se encuentran las chispas producidas por la electricidad estática o por trabajo en caliente, las cuales pueden ser: llama directa, soldadura, taladrado, romper concreto, entre otros.

Si le salpica un líquido inflamable, empapar su ropa con agua antes de quitársela, ya que una descarga de electricidad estática o el contacto de los metales al abrir o cerrar la cremallera podrían crear una chispa y provocar un incendio. Asegurarse de enjuagar y ventilar la ropa perfectamente antes de meterla a una lavadora o secadora automática. Existe alto riesgo de originar un incendio. Por ninguna razón guardar los trapos que contengan líquidos inflamables en una caja de cartón o en un contenedor de plástico, ya que existe la posibilidad de que al calentarse se incendien. Es más seguro desecharlos en un recipiente metálico con tapa.

El trabajo en caliente como la generación de chispas y soldeo representan una fuente de ignición. La chispa puede originarse de un medio mecánico o eléctrico. Un área de servicio debe tener letreros que indiquen claramente los tipos de tanques aceptables. Los productos del petróleo pueden destruir diversos tipos de plástico y caucho. Cuando se dañan las paredes de un contenedor, el producto se fuga y se presenta peligro de incendio. La selección errónea de tanques para almacenar productos de petróleo ha originado accidentes. Al llenar un tanque no debe sobrepasarse su capacidad nominal, ya que los productos derivados del petróleo se expanden por el calor.

- Electricidad estática: la fricción entre un tipo de material y otro produce electricidad estática. La fricción del combustible con la manguera y el equipo produce electrones. Los electrones libres crean cargas electrostáticas. Cuando estos electrones se desplazan de un cuerpo a otro se crea una diferencia de tensión o voltaje, conocida también como diferencia de potencial.

Mientras más largo sea el trayecto que debe recorrer el líquido a través de las tuberías o el filtro, se producirá más electricidad estática. Si el líquido contiene otras partículas, por ejemplo basura, habrá más electricidad estática. Al separarse dos objetos aumenta el campo eléctrico. Cuando el campo eléctrico alcanza la dimensión necesaria para salvar la distancia entre los dos, se crea un arco eléctrico en forma de chispa y calor, y así el potencial se equilibra. Para evitar que se forme este arco, asegurarse que hay un contacto correcto a masa y a tierra.

Los líquidos que circulan en la bomba a través del filtro y manguera, generan una gran cantidad de electricidad estática. Por esta razón es muy importante la prueba de continuidad. Sí el líquido pasa por las

tuberías a una mayor velocidad, la fricción aumenta y en consecuencia genera una mayor cantidad de electricidad estática. La electricidad estática aumenta cuando la dimensión de las tuberías varía, y cada vez que hay un cambio de dirección (por ejemplo al encontrarse con un codo).

Las tuberías aisladas (sin un contacto a tierra o equipadas con un elemento aislante, como una junta o grasa aislante) o fabricadas con material aislante, se mantienen cargadas después de que pasa el líquido. Los objetos conductivos disipan su carga en la superficie total, un material conductivo aislado, sin un contacto a tierra o a masa con otro material conductivo, se mantendrá cargado y será muy inestable. De esta manera, puede desprender su carga en cualquier momento en otro material conductivo cercano y producir una chispa.

Para que la electricidad estática sea una fuente de incendio o explosión es necesario:

- Generar electricidad estática
- Acumular y mantener una diferencia de potencial eléctrico
- Producir una chispa con energía suficiente
- Tener una atmósfera inflamable

Un ejemplo de la utilización común de electricidad estática son las bujías de encendido de un automóvil que producen una chispa para provocar una explosión. Se produce electricidad estática cuando: se mezcla un producto con el agua, cuando un sólido contamina un producto, cuando aumenta la velocidad de circulación, cuando se mezclan dos productos, cuando los rozamientos son constantes.

Al filtrarse arena u otros contaminantes en el combustible, aumenta la electricidad estática, debido a que existe más fricción. Debe emplearse un tubo de descarga para llenar cilindros o tanques a fin de evitar que el producto salpique. No se debe utilizar filtros a los fangos de un tanque, de esta manera reduce los riesgos de producir electricidad estática.

- **Atmósferas oxigenadas:** la oxigenación de la atmósfera con un porcentaje de oxígeno ligeramente superior al 21 % causará un aumento del rango de inflamabilidad. El cabello, así como la ropa, absorberá el oxígeno y arderá violentamente. Las atmósferas oxigenadas, las cuales extienden el área de inflamabilidad, pueden resultar de la obturación incorrecta de las líneas de oxígeno, reacciones químicas que liberan oxígeno, o de la purga involuntaria de un espacio con oxígeno en vez de aire.

Una gran cantidad de oxígeno puede afectar el cerebro y ocasionar un incendio, debido a la reacción química que ocurre con materiales combustibles como el aceite. El exceso de oxígeno puede deberse a una reacción química o a una fuga de un tanque de oxígeno. Casi todos los equipos requieren de un nivel de oxígeno de por lo menos 14 % para poder funcionar adecuadamente.

- **Atmósfera con nivel bajo de oxígeno:** el nivel de oxígeno puede disminuir por diferentes razones, por ejemplo: oxidación de metales, presencia de otros gases, combustión de gases u otros materiales, por soldadura o corte.

Los gases inertes se utilizan con frecuencia para purgar oxígeno de los tanques de almacén de combustibles que contienen vapores inflamables.

No obstante es preferible ventilar ya que estos gases presentan riesgos y peligros de incendio, debido a la posibilidad de que se produzca una chispa debido a electricidad estática y a la cantidad de oxígeno que encierra en el espacio confinado. Los gases tóxicos e inflamables pueden generarse al efectuar tareas de soldadura, pintura, entre otros.

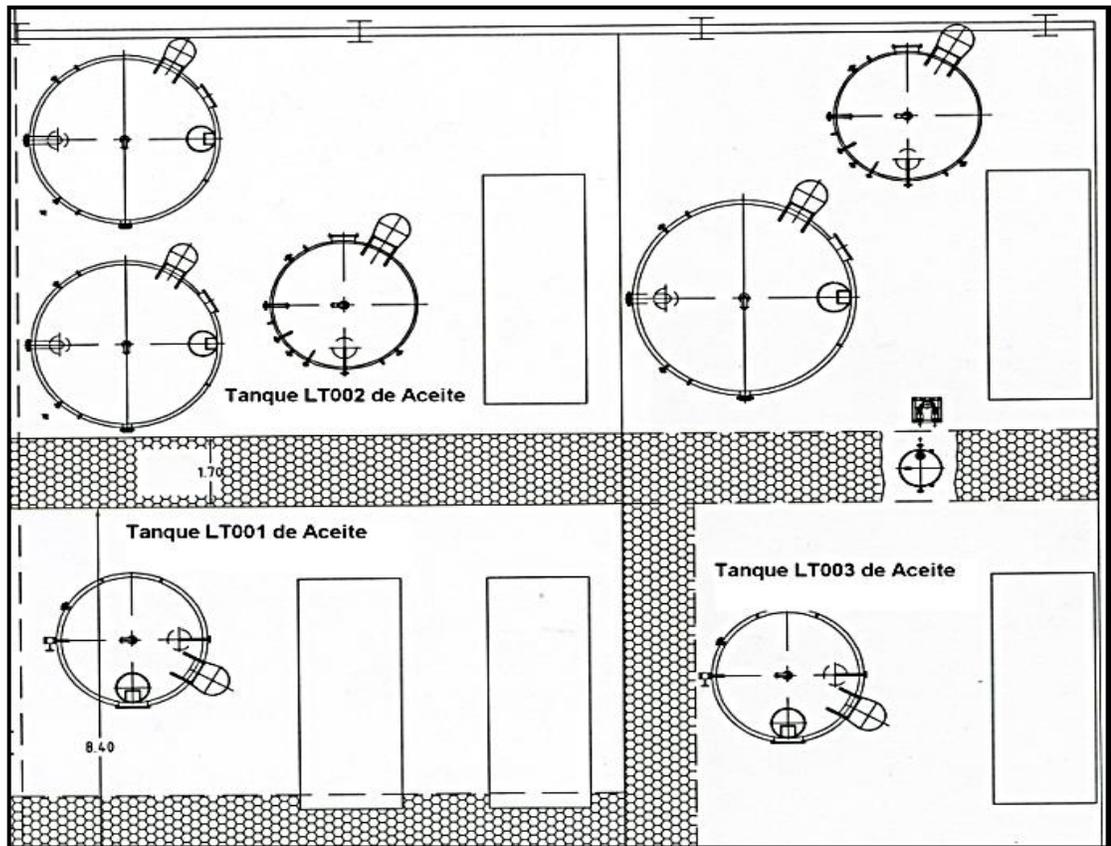
Cuando una atmósfera tiene un nivel bajo de oxígeno se le llama atmósfera asfixiante. Cuando una atmósfera tiene menos de 19,5 % de oxígeno se considera una atmósfera asfixiante, ya que esa cantidad de oxígeno no es suficiente para satisfacer los requisitos respiratorios de un humano, y menos aún si se está llevando a cabo un esfuerzo físico. Por ejemplo, el oxígeno de un espacio puede haber sido consumido por una reacción química, tal como el enmohecimiento de un tanque.

En otra situación, la atmósfera original puede haber sido total o parcialmente inertizada de manera intencional, usando gases, tales como el helio, nitrógeno, metano, argón o bióxido carbónico. Muchas veces, las víctimas no se dan cuenta de su situación hasta que les resulta imposible salvarse o incluso pedir socorro. Siempre se deben medir los riesgos a fin de determinar los procedimientos correctos y el tipo de protección necesaria.

5.2. Ubicación de tanques de aceite

Los tanques de aceite son tres cada uno tiene capacidad de almacenar 10 000 gls. Estos tanques se identifican con las siglas LT001, LT002 Y LT003; el color de identificación es el amarillo. Se encuentran ubicados en el área de almacenamiento de tanques de la empresa, en un área exclusiva para el almacenamiento de combustibles.

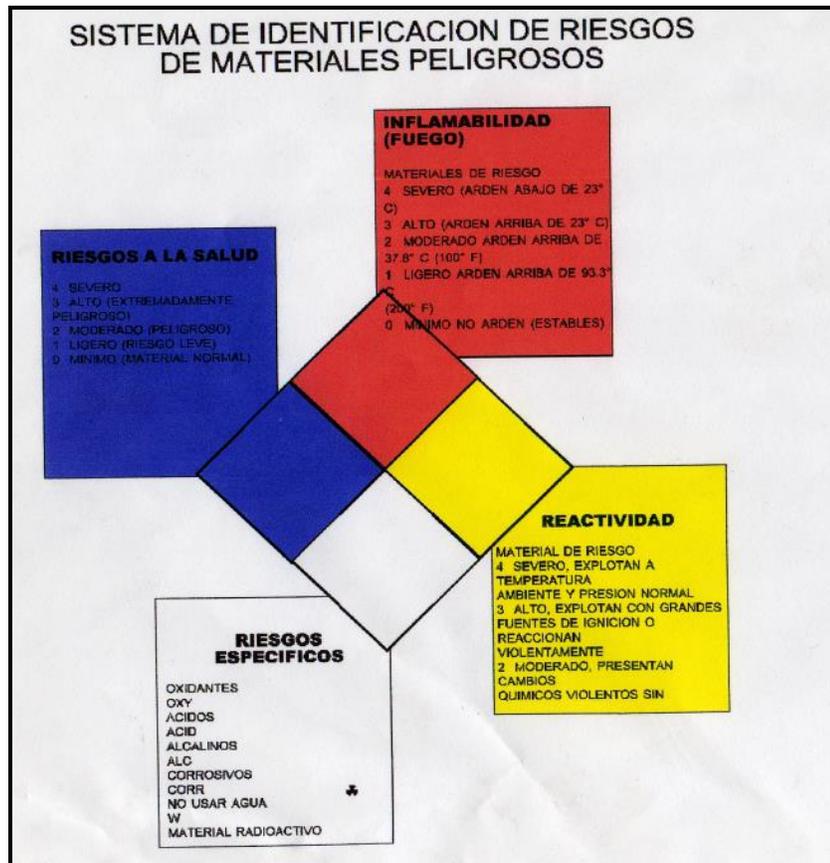
Figura 118. **Plano de ubicación de tanques de aceite**



Fuente: planos de ubicación, Liztex.

- Identificación tanques de aceite: los tanques de aceite debe estar identificados con un rombo de seguridad y están fabricados basados en normas internacionales, sea el caso las normas ASTM. A continuación se puede ver claramente la identificación de los tanques de aceite y las medidas estándar de fabricación.

Figura 119. Identificación tanques de aceite

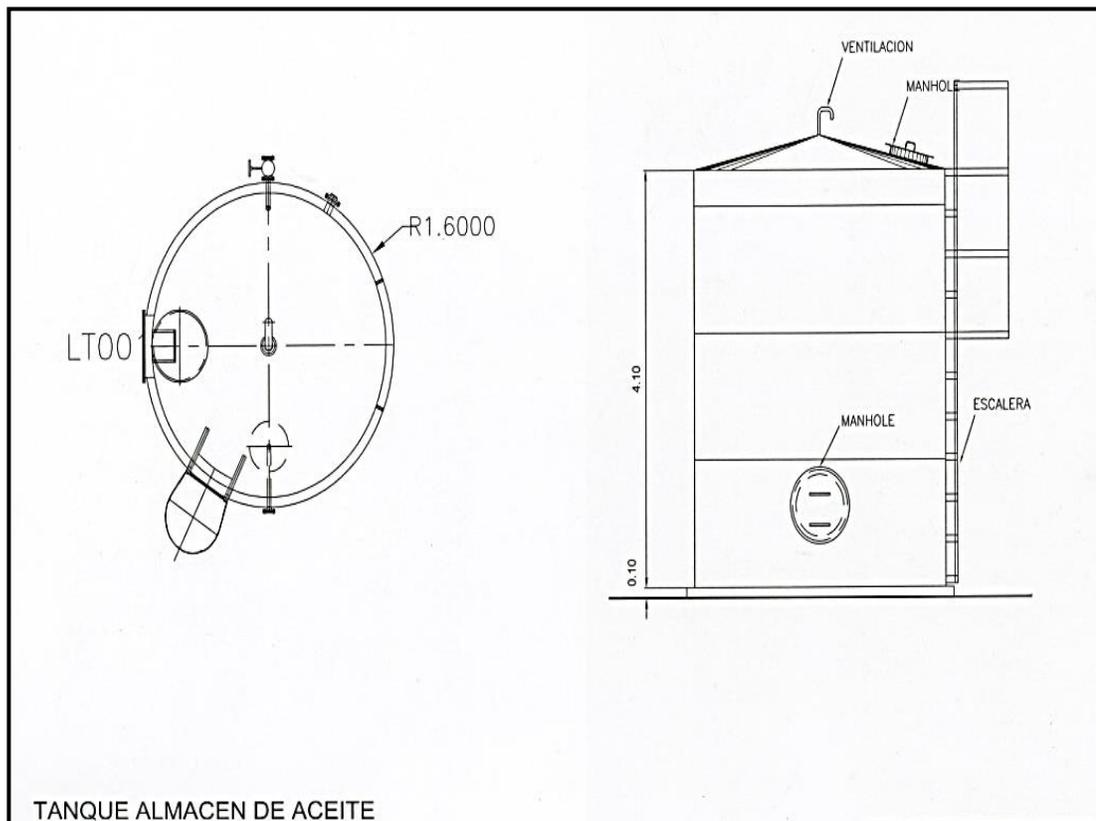


Fuente: Norma NFPA 704.

- Interpretación de rombo de seguridad:
 - Color azul: riesgos a la salud
 - Color rojo: inflamabilidad
 - Color blanco: riesgos específicos
 - Color amarillo: reactividad

Todos los tanques deben estar debidamente identificados para que el personal del área de Almacenamiento conozca el tipo de combustible con el que esta tratando, y los riesgos que puede ocasionar un mal manejo del mismo.

Figura 120. **Medidas estándar de fabricación tanques de aceite**



Fuente: planos de diseño, Liztex.

En la figura de arriba se puede observar claramente las medidas de fabricación de los tanques de almacén de aceite; así como también, la ubicación de la escalera, el *manhole* y los respiraderos (evacuan los vapores que se forman dentro del tanque por altas temperaturas). Estos elementos son parte indispensable en los tanques de almacén para su adecuado

funcionamiento y se hace necesario el conocimiento de estos elementos por parte del personal de operaciones del área de Almacenamiento para prevenir el riesgo de accidentes.

5.2.1. Composición y características del aceite

Taro 40 XL 40 es un aceite de alto rendimiento para motores diésel con una muy alta alcalinidad, usados en motores diésel de media velocidad. Son elaborados a partir de bases de alta calidad en combinación con un paquete de aditivos, especialmente desarrollado, que contiene detergentes alcalinos, dispersantes, inhibidores contra la oxidación y la corrosión y agentes antidesgaste y también brinda un nivel de alta calidad. Está especialmente orientado para aplicaciones con altos contenidos de azufre o para motores donde es deseable un nivel de detergencia alto o cuando el fabricante del motor recomienda un aceite con TBN 40.

Los productos Taro usan un paquete de aditivos único. Aunque son compatibles con otros aceites para motores diésel marinos, la mezcla con otros productos pueden degradar los amplios beneficios brindados por dicho paquete de aditivos.

- Beneficios: en el servicio, el aceite Taro 40 XL 40 proporciona:
 - Sistemas de aditivos para adecuarse a los diferentes motores diésel.
 - Productos con diferentes valores de TBN para adecuarse al combustible empleado.

- La capacidad de usarse como lubricantes de cilindros en unidades que tienen una lubricación separada en los cilindros.
- Identificación de riesgos: los aceites que no son bien manipulados causan una serie de efectos en la salud, a continuación se mencionan algunos de ellos:
 - Ojo: no se anticipa que cause irritación prolongada o significativa a los ojos.
 - Piel: el contacto con la piel no se anticipa que cause irritación significativa o prolongada. No se anticipa que sea dañino a los órganos internos si se absorbe a través de la piel.
 - Ingestión: no se anticipa que sea dañino si se traga.
 - Inhalación: no se anticipa que sea dañino si se inhala. Contiene un aceite mineral con base de petróleo. Puede causar irritación respiratoria u otros efectos pulmonares después de una prolongada o repetida inhalación de neblina de aceite a niveles aerotransportados, que estén por encima del límite de exposición recomendado para la neblina de aceite, mineral. Entre los síntomas de la irritación respiratoria se pueden encontrar tos y dificultad al respirar.
- Medidas para la extinción de incendios: a continuación se describen algunas medidas de seguridad para la extinción de incendios:

- Medios extintores: usar niebla de agua, espuma, materiales químicos secos o dióxido de carbono (CO₂) para extinguir las llamas.
- Rombo de seguridad: salud: 0 Inflamabilidad: 1 Reactividad: 0
- Estabilidad y reactividad
 - Estabilidad química: esta sustancia se considera estable en condiciones de temperatura y presión anticipadas, para su almacenaje y manipulación y condiciones normales de ambiente.
 - Incompatibilidad con otros materiales: puede reaccionar con los ácidos fuertes o los agentes oxidantes potentes, tales como cloratos, nitratos, peróxidos, entre otros.
- Información ecológica
 - Ecotoxicidad: no se ha evaluado la toxicidad de esta sustancia para los organismos acuáticos. Consecuentemente, esta sustancia se debe mantener fuera de los alcantarillados, de los sistemas de desagüe y de todos los cuerpos de agua.
 - Destino ambiental: no se anticipa que esta sustancia sea fácilmente biodegradable.
- Consideraciones acerca de la eliminación final: usar la sustancia o material para el propósito para el cual estaba destinada o reciclarla de ser posible. Existen servicios para la recolección de aceite con el fin de

reciclarlo o desecharlo. Colocar los materiales contaminados en recipientes y desecharlos conforme a los reglamentos que correspondan. En el caso de la empresa se le da un tratamiento especial al aceite para su reciclaje y posterior uso.

5.2.1.1. Propiedades físicas y químicas

Para el manejo y almacenamiento del aceite es necesario tener conocimientos acerca de las propiedades físicas y químicas del aceite; los datos que aparecen a continuación son valores típicos y no constituyen una especificación.

Tabla XXV. **Propiedades físicas y químicas del aceite lubricante (TARO 40 XL 40)**

Propiedad	Valor o característica
Viscosidad cinemática a 100 °C cSt	14,4
Índice de viscosidad	105
Densidad a 15 °C KG/L	0,92
Punto de inflamación en °C	229
Punto de congelamiento en °C	-18
TBN-E mg KOH/g	40
Color	Pardo
Olor	Olor petróleo
pH	No corresponde
Presión de vapor	0,01 mmHg a 37,8 °C
Densidad de vapor (aire = 1)	> 1
Solubilidad	Soluble en hidrocarburo e insoluble en agua

Fuente: *Manual técnico de lubricantes industriales (Texaco).*

5.2.2. Condiciones ambientales

Debido al cambio constante del clima y que los tanques de almacén de aceite se encuentran en una área relativamente expuesta al ambiente, en la que los gases se expanden fácilmente hacia al ambiente; se hace necesario que el manejo del aceite se realice bajo condiciones ambientales determinadas, para evitar problemas tanto en operaciones como riesgos por incidentes y accidentes para el personal del área de Almacenamiento de Combustibles.

Se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Los tanques deben contar con suficientes conductos de extracción de vapores (respiraderos), que en caso de temperaturas demasiado altas se puedan expulsar al ambiente para evitar daños en los tanques.
- El lugar donde se encuentran ubicados los tanques registran temperaturas altas, pero en ciertas épocas del año se dan temperaturas relativamente bajas, por lo tanto, los tanques deben contar con sistemas que controlen la temperatura ambiente, la temperatura de los combustibles y el nivel de aceite en ellos, esto para saber con certeza la cantidad almacenada y la temperatura del aceite, antes de su uso en los motores.
- Controlar los cambios que pueda presentar el clima; para poder tener un sumo control sobre el estado físico de los materiales con los que están fabricados los tanques; para evitar deterioro en los mismos.

5.2.3. Procedimientos para el manejo y almacenamiento de aceite

Antes que todo el personal del Área de Descarga de Combustible debe saber con certeza, que el único responsable de la seguridad al momento de la descarga es el operador que está a cargo en ese momento, ya que el es único que conoce los riesgos del sitio, conoce las medidas preventivas de seguridad y los procedimientos de descarga.

- El procedimiento de descarga de aceite se describe a continuación:
 - Verificar que tanques son los que pueden recibir todo el producto; si en caso el producto no cabe en los tanques, no se descargará.
 - Asegurarse que el camión se estacione en el lugar adecuado para la descarga (posición de salida, a nivel).
 - Indicar al conductor del camión donde debe estacionarse.
 - Delimitar el área de la descarga.
 - Colocar extintores en el área para manejo de emergencias.
 - Revisar correctamente la documentación del producto.
 - Revisar sellos del camión.

- Revisar niveles de producto de las pipas a descargar (deben usarse zapatos de seguridad en su mejor caso que sean autodeslizantes, debe usarse arnés de seguridad).
- Conectar mangueras y ayudar al conductor a realizar la lista de verificación previo a la descarga.
- Abrir *manhole* ubicado en la parte superior de la pipa.
- Asegurarse que no hay fuentes de ignición cerca.
- Asegurarse que el área esté delimitada.
- Activar bomba de descarga, el operador debe permanecer cerca del botón de paro de la bomba.
- Cerciorarse constantemente del nivel de la pipa.
- Desactivar la bomba finalizada la descarga.
- Desconectar mangueras del camión y drenar hacia los tanques.
- Asegurarse que la pipa esté completamente vacía.
- Cerrar los *manholes*.
- El motor del camión no debe encenderse hasta estén cerrados los *manholes*.

- Restricciones a tomar en consideración en las descargas:
 - Las mangueras deben tener un punto de conexión (conexión estándar para mangueras, acceso fácil y no riesgoso).
 - No se realizarán descargas a través de embudos, por el *manhole* de la pipa, a barriles y a otros camiones.
 - El conductor del camión no subirá a los tanques de almacenamiento y a la pipa a verificar niveles.
 - Recordar que la responsabilidad de la descarga es del operador y no del conductor del camión.

5.2.4. Hoja de control de descarga y consumo de aceite

La hoja de control de descarga y consumo de aceite juega un papel importante en el manejo y almacenamiento adecuado del aceite; a través de estas hojas, el personal de la planta generadora puede llevar un control efectivo del aceite que está ingresando a los tanques y del consumo diario y mensual de aceite por cada uno de los motores de la planta generadora.

Manejo de la hoja de control descarga de aceite (ver tabla XXXIII): la hoja de control cuenta una columna que enmarca la fecha, ahí se coloca la fecha en la que ingresó el aceite, en la siguiente columna se coloca el número de pipa que realizó la descarga, seguidamente se encuentra otra columna en la que se coloca la cantidad de aceite descargado y por último la planta a la que se realizó la descarga.

La hoja en su parte superior cuenta con espacios en blanco destinados específicamente para anotar con claridad la fecha, hora y el nombre del operario. En su parte inferior se encuentra delimitado por filas y columnas, las columnas hacen referencia de cada uno de los motores de la planta generadora, en las filas se coloca información de las lectura iniciales y finales de los contadores, de la diferencia de consumo diario por cada motor, la cual se obtiene restando la lectura final del contador menos la lectura inicial, esta diferencia será el aceite consumido al día por cada motor, y su acumulado mensual será el consumo de aceite del día anterior mas el día que esta por terminar.

Al final de la hoja de control de consumo de aceite aparece una columna que hace referencia a la palabra total; aquí se escribe con claridad el consumo de aceite total en la planta generadora durante el día, y el total acumulado que se lleva del mes por todos los motores.

Tabla XXVII. Hoja de control de consumo de aceite

CUADRO DE CONTROL DE CONSUMO DE BUNKER Y ACEITE										
Fecha:			Hora:			Operario:				
BUNKER										
	MAK 6	MAK 7	MAK 8	MAK 9	MAK 10	MAK 11	MAK 12	MAK 13	GCA 1	GCA2
Lectura horómetro final										
Lectura horómetro inicial										
Hrs. Operación al día										
% utilización										
Lectura contador final										
Lectura contador inicial										TOTAL
Diferencia consumo diario										
Acumulado mes										
ACEITE										
	MAK 6	MAK 7	MAK 8	MAK 9	MAK 10	MAK 11	MAK 12	MAK 13	GCA 1	GCA2
Lectura contador final										
Lectura contador inicial										
Diferencia consumo diario										TOTAL
Aceite consumido al día										
Acumulado mes										
										Jefe de planta

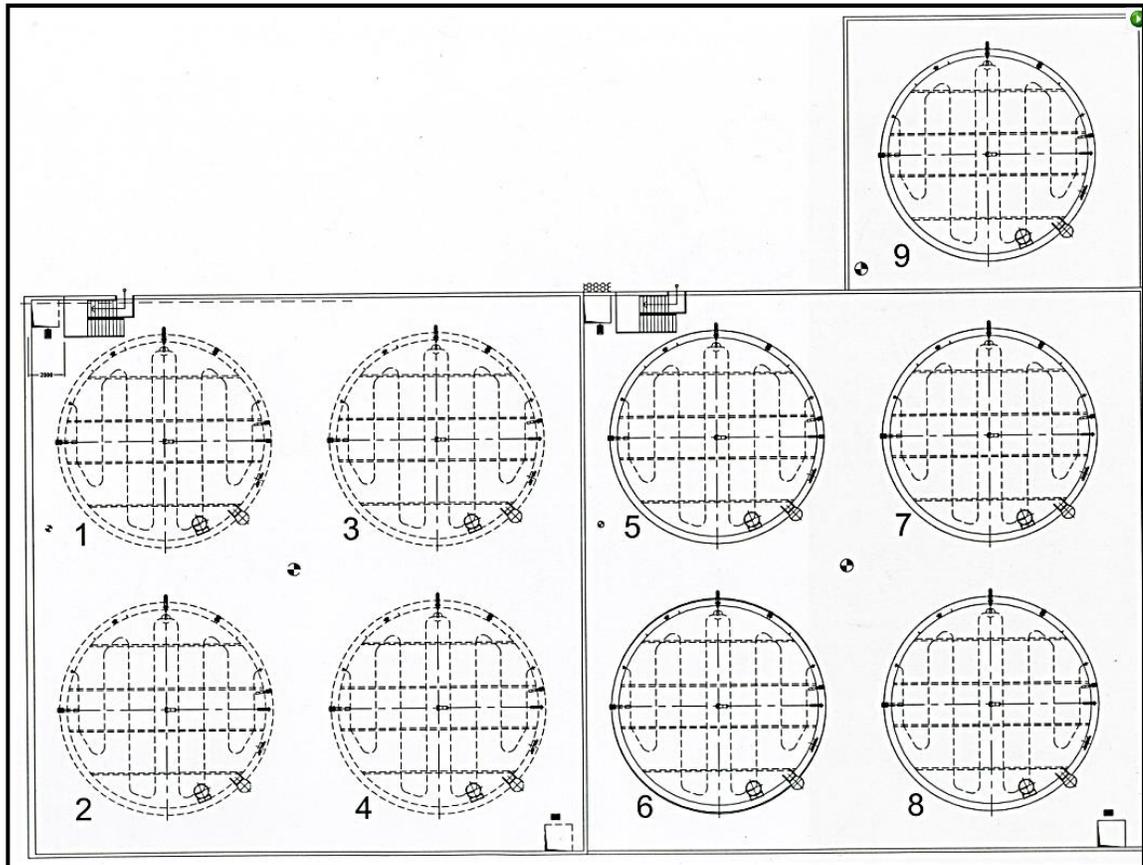
Fuente: elaboración propia.

5.3. Ubicación de tanques de combustible

Los tanques de almacén de bunker están distribuidos del tanque 1 al tanque 4 como tanques pertenecientes a Bluref II, y tanques del 5 al 8 como tanques de GCA, se cuenta con un tanque 9 y este pertenece a Bluref y solamente se utiliza cuando ya no hay capacidad de almacenaje en los otros tanques; la capacidad de almacenaje de cada tanque es de 250 000 gls. Se identifican con las siglas HT001 y así ordenadamente hasta llegar al tanque HT009. Existen también tres tanques de servicio, los cuales almacenan el combustible ya tratado que va a los motores.

Estos tanques se encuentran ubicados en el Área de Almacenamiento de tanques de la empresa, en un área exclusiva para el almacenamiento de combustibles (ver figura 117).

Figura 121. Plano de ubicación de tanques de combustible (bunker)



Fuente: planos de ubicación Liztex.

- Identificación tanques de bunker: los tanques de bunker deben estar identificados con un rombo de seguridad y están fabricados basados en normas internacionales, sea el caso las normas ASTM. A continuación se puede ver claramente la identificación de los tanques de bunker (ver figura 118) y las medidas estándar de fabricación (ver figura 119).

Figura 122. Identificación tanques de bunker

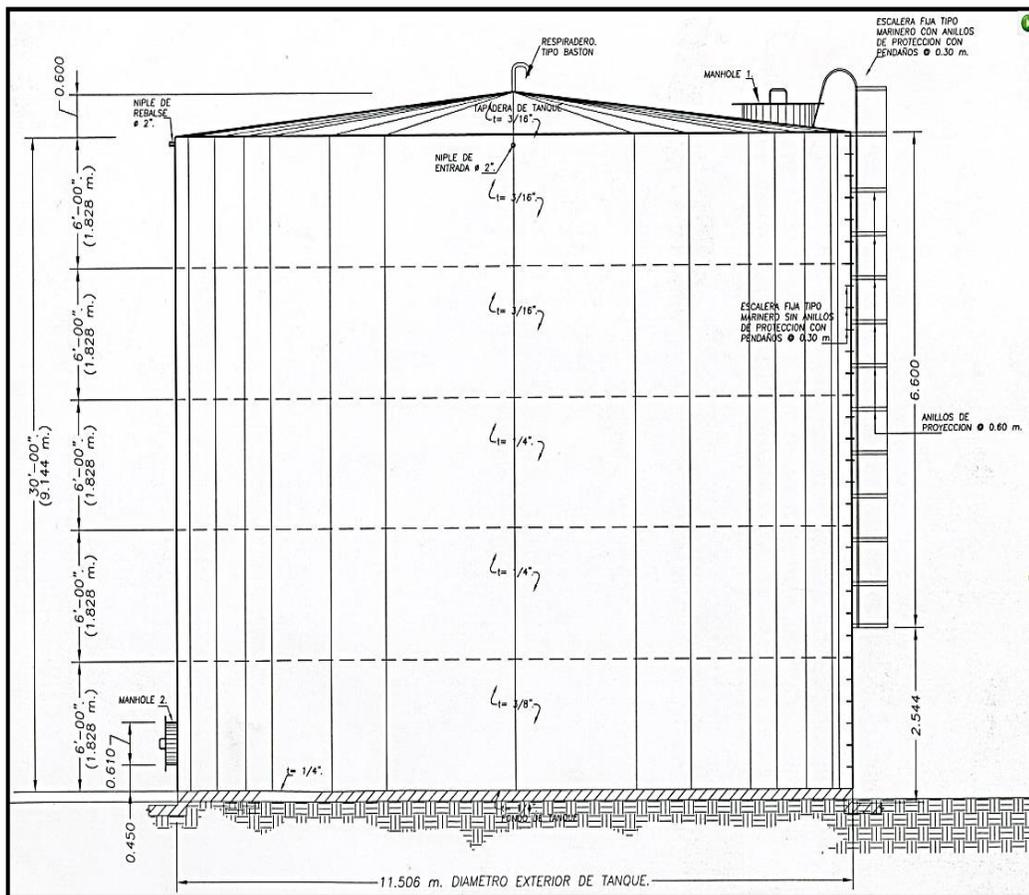


Fuente: Norma NFPA 704.

- Interpretación de rombo de seguridad
 - Color azul: riesgos a la salud
 - Color rojo: inflamabilidad
 - Color blanco: riesgos específicos
 - Color amarillo: reactividad

Todos los tanques deben estar debidamente identificados para que el personal del Área de Almacenamiento conozca el tipo de combustible con el que está tratando, y los riesgos que puede ocasionar un mal manejo del mismo.

Figura 123. **Medidas estándar de fabricación tanques de bunker**



Fuente: planos de diseño, Liztex.

En la figura de arriba se puede observar claramente las medidas de fabricación de los tanques de almacén de bunker; así como también la ubicación de la escalera, los *manholes* y los respiraderos (evacuan los vapores que se forman dentro del tanque por altas temperaturas).

Estos elementos son parte indispensable en los tanques de almacén para su adecuado funcionamiento. El personal de operaciones del Área de Almacenamiento de Combustible debe conocer estas características para evitar riesgos de accidentes.

5.3.1. Composición y características del combustible

- Nombre: HFO (Bunker)
- Obtención y usos: es un combustible elaborado a partir de productos residuales obtenidos de procesos de refinación del petróleo crudo. Es un aceite altamente viscoso, empleado principalmente en combustión industrial para lo cual requiere un buen precalentamiento. También se emplea en plantas de generación de energía eléctrica.
- Rombo de seguridad: riesgo de inflamabilidad: 2; riesgo para la salud: 0; riesgo de reactividad: 0.
- Otros nombres: Combustoleo núm. 6; Fuel oil núm. 6; fuel oil residual.
- Reactividad: estable: Sí, "Condiciones que deben evitarse": es estable bajo condiciones normales de uso. Agentes oxidantes fuertes, calor o llamas; "Incompatibilidades (material para evitar)": evitar el contacto con agentes oxidantes fuertes; "Productos peligrosos por descomposición": la combustión puede producir monóxido y dióxido de carbono e hidrocarburos reactivos. También puede producir óxidos de azufre (Sox). Por descomposición térmica puede producir ácido sulfhídrico.

“Riesgos de incendio y explosión: medio extinguidor”: dióxido de carbono, químico seco, espuma. El agua en atomizador o en forma de niebla debe utilizarse como pantalla protectora o para enfriar tanque adyacentes y maquinaria; “Procedimiento especial para combate de incendios”: los bomberos expuestos deben utilizar aparatos de respiración autocontenidos con máscara facial y equipo protector completo; “Riesgos especiales por fuego y explosión”: los recipientes pueden explotar con el calor del fuego. En el espacio de cabeza de los tanques pueden formarse vapores de los hidrocarburos livianos, esto puede causar riesgo de inflamabilidad/explosión a una temperatura por debajo del punto normal de inflamación del combustible.

“Riesgos para la salud: rutas de exposición”: “Ingestión”: NO; “Inhalación”: NO; “Absorción”: NO; “Contacto”: NO; “Ojos”: NO; “Efectos agudos”: por ingestión prácticamente no es tóxico. Los síntomas incluyen irritación, náuseas, vómito y diarrea. Por inhalación puede causar irritación del tracto respiratorio y efectos nocivos en el sistema nervioso central. Los efectos incluirán excitación, euforia, dolor de cabeza, desvanecimiento, somnolencia, visión borrosa, fatiga, convulsiones, pérdida de la conciencia, coma, dificultad respiratoria y muerte. Es moderadamente irritante en la piel. El contacto repetido o prolongado puede resultar en pérdida de las grasas naturales, enrojecimiento, picazón, inflamación, agrietamiento y posible infección secundaria. Puede causar reacciones alérgicas en algunas personas. En los ojos es levemente irritante.

5.3.2. Propiedades físicas y químicas

Para el manejo y almacenamiento del combustible es necesario tener conocimientos acerca de las propiedades físicas y químicas del mismo; los datos que aparecen a continuación son valores típicos y no constituyen una especificación.

Tabla XXVIII. **Propiedades físicas y químicas del HFO (Bunker)**

Propiedad	Valor o característica
Viscosidad cinemática a 50 °C cSt	380
Densidad del vapor (aire = 1)	Más alta
Densidad a 15 °C Kg/m ³	991
Punto de inflamación en °C	60
Punto de autoignición °C	350
Solubilidad en agua (% peso)	Ninguna
Color	Negro
Olor	Olor petróleo
Inflamable	SÍ
Tóxico	No
Explosivo	No

Fuente: elaboración propia.

5.3.3. Condiciones ambientales

Debido al cambio constante del clima y que los tanques de almacén de aceite se encuentran en una área relativamente expuesta al ambiente, en la que los gases se expanden fácilmente hacia al ambiente; se hace necesario que el manejo del aceite se realice bajo condiciones ambientales determinadas, para evitar problemas tanto en operaciones como riesgos por incidentes y accidentes para el personal del Área de Almacenamiento de Combustibles.

Se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- En el área donde se encuentran ubicados los tanques debe tomarse en cuenta que sean área frescas, ventiladas, lejos de fuentes de ignición y sustancias incompatibles; debe prohibirse comer, beber y fumar en estas áreas.

- Los tanques deben contar con suficientes conductos de extracción de vapores (respiraderos), que en caso de temperaturas demasiado altas se puedan expulsar al ambiente para evitar daños en los tanques.
- El lugar donde se encuentran ubicados los tanques registran temperaturas altas, pero en ciertas épocas del año se dan temperaturas relativamente bajas, por lo tanto, los tanques deben contar con sistemas que controlen la temperatura ambiente, la temperatura de los combustibles y el nivel de aceite en ellos; esto para saber con certeza la cantidad almacenada y la temperatura del aceite, antes de su uso en los motores.
- Controlar los cambios que pueda presentar el clima, para poder tener sumo control sobre el estado físico de los materiales con los que están fabricados los tanques, para evitar deterioro en los mismos.

5.3.4. Procedimientos para el manejo y almacenamiento de bunker

Antes que todo el personal del Área de Descarga de Combustible debe saber con certeza, que el único responsable de la seguridad al momento de la descarga es el operador que esta a cargo en ese momento, ya que el es único que conoce los riesgos del sitio, conoce las medidas preventivas de seguridad y los procedimientos de descarga.

El procedimiento de descarga de aceite se describe a continuación:

- Verificar que tanques son los que pueden recibir todo el producto; si en caso el producto no cabe en los tanques, no se descargará.

- Asegurarse que el camión se estacione en el lugar adecuado para la descarga (posición de salida, a nivel).
- Indicar al conductor del camión dónde debe estacionarse.
- Delimitar el área de la descarga.
- Colocar extintores en el área para manejo de emergencias.
- Revisar correctamente la documentación del producto.
- Revisar sellos del camión.
- Revisar niveles de producto de las pipas a descargar (deben usarse zapatos de seguridad en su mejor caso que sean autodeslizantes, debe usarse arnés de seguridad).
- Conectar mangueras y ayudar al conductor a realizar la lista de verificación previo a la descarga.
- Abrir *manhole* ubicado en la parte superior de la pipa.
- Asegurarse que no hay fuentes de ignición cerca.
- Asegurarse que el área esté delimitada.
- Activar bomba de descarga, el operador debe permanecer cerca del botón de paro de la bomba.

- Cerciorarse constantemente del nivel de la pipa.
- Desactivar la bomba finalizada la descarga.
- Desconectar mangueras del camión y drenar hacia los tanques.
- Asegurarse que la pipa esté completamente vacía.
- Cerrar los *manholes*.
- El motor del camión no debe encenderse hasta estén cerrados los *manholes*.

Restricciones a tomar en consideración en las descargas:

- Las mangueras deben tener un punto de conexión (conexión estándar para mangueras, acceso fácil y no riesgoso).
- No se realizarán descargas a través de embudos, por el *manhole* de la pipa, a barriles y a otros camiones.
- El conductor del camión no subirá a los tanques de almacenamiento y a la pipa a verificar niveles.
- Recordar que la responsabilidad de la descarga es del operador y no del conductor del camión.

5.3.5. Hoja de control de descarga y consumo de combustible

La hoja de control de descarga y consumo de combustible (ver tabla XXXIV) juega un papel importante en el manejo y almacenamiento adecuado del mismo; a través de estas hojas, el personal de la planta generadora puede llevar un control efectivo del combustible que está ingresando a los tanques y del consumo diario y mensual de combustible por cada uno de los motores de la planta generadora, esto para tener un buen manejo de inventarios.

Manejo de la hoja de control de descarga de bunker (ver tabla XXXVI): la hoja de control cuenta con una columna que enmarca la fecha, ahí se coloca la fecha en la que ingresa el bunker, en la siguiente columna se coloca el número de pipa que realizó la descarga.

Seguidamente se encuentra otra columna en la que se coloca la cantidad de bunker descargado y por último la planta a la que se realizó la descarga; en la parte inferior de la hoja lado izquierdo, se encuentra un espacio especialmente destinado para colocar el nombre del operario encargado de llevar el registro de la hoja de control de descargas de combustible.

La hoja en su parte superior cuenta con espacios en blanco destinados específicamente para anotar con claridad la fecha, hora y el nombre del operario. Abajo se encuentra delimitado por filas y columnas, las columnas hacen referencia de cada uno de los motores de la planta generadora; en las filas se coloca información de las lecturas iniciales y finales de los horómetros de cada uno de los motores, y la resta del horómetro final menos el inicial da las horas de operación de los motores en un día, y a través de ese resultado se puede encontrar el % de utilización de los motores dividiendo las horas que trabajó el motor durante el día dentro de 24 hrs.

Seguidamente aparecen otras filas con los nombres de lectura de contador final y lectura de contador inicial, aquí se anotan estas lecturas por cada uno de los motores, y luego la diferencia del contador final menos el inicial da el consumo diario por cada motor, esta diferencia será el aceite consumido al día por cada motor y su acumulado mensual será el consumo de aceite del día anterior mas el día que esta por terminar. Al final de la hoja de control de consumo de bunker aparece una columna que hace referencia a la palabra total; aquí se escribe con claridad el consumo de bunker total en la planta generadora durante el día y el total acumulado que se lleva del mes por todos los motores.

Tabla XXX. Hoja de control de consumo de bunker

CUADRO DE CONTROL DE CONSUMO DE BUNKER Y ACEITE										
Fecha:			Hora:			Operario:				
BUNKER										
	MAK 6	MAK 7	MAK 8	MAK 9	MAK 10	MAK 11	MAK 12	MAK 13	GCA 1	GCA2
Lectura horómetro final										
Lectura horómetro inicial										
Hrs. Operación al día										
% utilización										
Lectura contador final										
Lectura contador inicial										
Diferencia consumo diario										TOTAL
Acumulado mes										
ACEITE										
	MAK 6	MAK 7	MAK 8	MAK 9	MAK 10	MAK 11	MAK 12	MAK 13	GCA 1	GCA2
Lectura contador final										
Lectura contador inicial										
Diferencia consumo diario										TOTAL
Aceite consumido al día										
Acumulado mes										
										_____ Jefe de planta

Fuente: elaboración propia.

5.4. Medidas preventivas de seguridad a tomar en cuenta para el manejo de combustible y aceite lubricante

Para evitar riesgos de accidentes durante el manejo de combustible y aceite lubricantes es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Los tanques de almacenamiento deben estar instalados a más cien de metros de distancia de fábricas, almacenes, bodegas, a partir de los linderos del área de tanques.

- Las dimensiones y ubicación de los tanques, equipo principal y equipo auxiliar así como la distancia entre cada uno de estos elementos y la distancia a linderos y edificaciones, se regirán por las especificaciones de la ASTM, el API, la NFPA, y otras entidades de reconocido prestigio.
- Los operarios deberán utilizar el equipo de protección personal y otros controles de seguridad requeridos para el manejo y almacenamiento de líquidos; inflamables o productos combustibles.
- El equipo eléctrico utilizado en áreas de almacenaje de líquidos inflamables y solventes debe estar diseñado especialmente para usarse en lugares con atmósferas peligrosas.
- En cada área de almacenaje debe haber extintores de incendios, del tipo requerido para líquidos; inflamables o combustibles, debidamente inspeccionados. Los trabajadores asignados a estas áreas deberán conocer la ubicación y el método de operación de los extintores de incendios.
- Deberán controlarse los accesos en áreas donde se almacenan líquidos inflamables o combustibles. Se harán provisiones para evitar la contaminación del ambiente en caso de derrames de líquidos inflamables o combustibles.
- Los líquidos inflamables y combustibles deben almacenarse alejados de estructuras o facilidades aledañas, o separadas por paredes que resistan no menos de dos (2) horas de fuego.

- No se harán trabajos calientes a menos de 50 pies (15 metros) de almacenajes de inflamables o combustibles.
- Se tomarán precauciones para controlar o eliminar fuentes de ignición, como llamas expuestas, luces, cigarrillos, soldaduras, superficies calientes, calor de fricción, chispas, electricidad.

Con el objetivo de prevenir y combatir incendios se deberá tener como mínimo lo siguiente:

- 1 extintor conteniendo polvo químico seco del tipo ABC, en condiciones aptas con capacidad de 20 libras, ubicado a una altura entre 1,2 metros y 1,5 metros, libre de obstáculos, en cada de área de: tanques de almacenamiento, y 2 extintores del mismo tipo, por cada 3 bombas de descarga, en las respectivas islas, debiendo revisar la carga de los mismo cada 3 meses.
- Extintores con características indicadas en el paso 1, por cada tanque instalado; extintores a 15 metros, como máximo, entre uno y otro, en áreas de descarga, carga y otras importantes; además un extintor por cada 200 metros cuadrados en áreas aledañas a las anteriores y que sean susceptibles de riesgo de incendio.
- Un chorro o toma de agua, como mínimo, por cada isla de bombas de descarga y en otras áreas de importancia.
- Red de suministro de agua para asegurar el suministro continuo de agua a la red contra incendios, durante 60 minutos como mínimo, conforme a la capacidad del equipo de bombeo.

- Red de suministro de agua-espuma, en áreas de almacenamiento, descarga y áreas de consumo.
- Un recipiente que contenga bolsas llenas de arena seca de río, que totalicen medio metro cúbico, en cada extremo de las islas de bombas de descarga y en el área de tanques.
- Rótulos preventivos: PROHIBIDO FUMAR, APAGUE SU MOTOR, PROHIBIDO INGRESAR SIN AUTORIZACION, INGRESO, SALIDA DE EMERGENCIA y otros relativos a la seguridad de las personas y los bienes, ubicados en lugares visibles, principalmente en áreas de despacho y suministro.

Con el propósito de evitar accidentes, sin perjuicio de otras normas, el transporte por unidad móvil deberá contar como mínimo con las siguientes medidas de seguridad:

- Cada unidad de transporte, portará en lugares de fácil acceso: 2 extintores tipo ABC con capacidad mínima de 10 libras cada uno, en condiciones óptimas de carga y funcionamiento; bloques de madera para impedir rodamiento de los neumáticos; sistema permanente para descargar a tierra la electricidad estática; y, conos y rótulos preventivos para las operaciones de carga y descarga.
- Cada cisterna, tendrá inscrita la palabra INFLAMABLE en color rojo: en su parte posterior, con dimensiones mínimas de 134 por 20 centímetros y letras de 3 centímetros de grosor; y en cada costado, con dimensiones de 198 por 25 centímetros y letras de 4 centímetros de grosor.

- El piloto: deberá portar uniforme y equipo personal de seguridad industrial, no transportará pasajeros; no conducirá el medio de transporte a más de 80 kilómetros por hora, descansará 1 hora por cada 4 horas continuas de conducción; y, cumplirá estrictamente las disposiciones de carga, descarga y tránsito.
- Toda unidad de transporte no podrá permanecer más de 3 horas en las estaciones de carga y descarga.

A continuación se presentan algunas medidas que se deben tomar en cuenta en caso de derrames o fugas accidentales:

- No tocar los depósitos dañados o material derramado a menos que usar el equipo protector apropiado. Riesgo de resbalamiento; no camine a través del material derramado. Parar el escape si se puede hacer sin riesgo.
- Contener los derramamientos grandes para maximizar la recuperación o la disposición del producto.
- Mantener alejada a la gente innecesaria. Permanecer tranquilo; alejarse de áreas bajas.
- Aislar las zonas de peligro e impedir la entrada. Evitar las llamas, destellos o el fumar en áreas de riesgo. Utilizar agua en atomizador para reducir los vapores.
- En caso de pequeños derrames cubrir con tierra u otro material absorbente no combustible que sea compatible, luego lavar las áreas del

derrame con agua. Las cantidades mayores de combustible deben pasarse a tanques de desechos.

- Limpiar el derrame lo más pronto posible, observando las precauciones que se mencionaron anteriormente.
- Usar las técnicas que correspondan, tales como aplicar materiales absorbentes no combustibles o bombeo. Cuando sea factible y apropiado, quitar y retirar la tierra contaminada.
- Eliminar todas las fuentes de ignición cerca de la sustancia derramada.

CONCLUSIONES

1. La toma de muestras de aceite, agua y combustible en el laboratorio de la empresa no se realizan con rutinas descritas y establecidas, sino que actualmente se realizan con base en criterios que se han ido obteniendo con experiencia por parte del personal de la planta, para esto cabe mencionar lo siguiente: las muestras de toma de agua se realizan una vez por semana no importando el día de la toma de muestras y de realización de los análisis. Esta falta de documentación dio origen a la creación de rutinas para la toma de muestras de aceite, agua y combustible; dando inicio con la descripción detallada de la toma de muestras, frecuencia de muestreo, método para obtener la muestra, procedimiento para la toma de muestras, identificación y registro de la toma de muestras, tamaño de la muestra, entre otros.
2. La determinación de rutinas es una herramienta realmente útil ya que da como resultado análisis más efectivos en los que se pueda confiar para la interpretación de resultados, y determina un mejor control tanto hacia los elementos que se analizan como hacia los componentes que forman parte de los motores.
3. El laboratorio de la empresa cuenta con equipo en perfectas condiciones y con programas de calibración anuales. Lo que no se tiene es un inventario técnico que describa el equipo, el código del equipo, cantidad de equipos disponibles, marca, modelo y año de fabricación; lo que trae consigo ineficiencia y retrasos en la realización de los análisis por falta de manejo y conocimiento de los equipos; también provoca retrasos en

el control y envío de recalibración de equipos. Esto dio origen a la creación de un inventario técnico el cual describe nombre del equipo, código, marca, modelo, año de fabricación, número de serie, descripción de manejo de equipo de laboratorio y procedimiento de manejo de equipo; características que permiten desarrollar análisis de laboratorio con más facilidad, con lo que se logra una obtención de resultados más certera.

4. Debido a que las condiciones en que se llevan los controles y los registros sobre los resultados que se obtienen luego de realizado los análisis, repercuten en la eficiencia y rapidez de estos; se desarrollaron hojas de control de resultados para los análisis de aceite, agua y combustible. Esto debido a que en el laboratorio se cuenta con hojas de control obsoletas, y que no se utilizan debido a que no especifican claramente la descripción de los análisis que se realizan, dando como resultado una interpretación incorrecta de los mismos. Las hojas de control diseñadas, describen claramente los resultados de cada uno de los análisis con sus respectivos límites de control, logrando así, una correcta interpretación de resultados.
5. Como resultado del diagnóstico se determinó que en el laboratorio se realizan análisis de aceite, agua y combustible, los cuales tratan de realizarse con base en métodos y procedimientos que estén apegados a las normas ASTM. La diferencia es en que la mayoría de los análisis no se apegan a estos estándares debido a que la documentación y los procedimientos existentes no son lo suficientemente explícitos, o en la mayoría de los casos no se cuenta con la información que se necesita.

6. Todo esto provoca una serie de errores y falta de criterios para interpretar resultados y tomar decisiones; a causa de esto se determinaron cada uno de los tipos de análisis de aceite, agua y combustible existentes, detallando los métodos, procedimientos y equipos a utilizar para cada tipo de análisis. Con la aplicación de estos métodos y procedimientos bien estructurados se asegura la operación del laboratorio en forma eficaz y se brinda confiabilidad al personal de operaciones y mantenimiento.
7. Debido a que la mayoría de veces al obtener los resultados de los análisis, no se realiza una comparación efectiva entre los resultados que se obtienen y los límites permisibles de funcionamiento del aceite, agua y combustible en los motores, no se puede diagnosticar con certeza si el aceite, agua o combustible que se está utilizando es el adecuado, por lo que se operan los equipos con cierto riesgo. Para esto se hace necesario la creación de gráficos de control a través de un control estadístico de muestras, tomando en cuenta los límites permisibles de cada elemento (sea agua, aceite o combustible), estableciendo límites según especificaciones, para finalizar con la elaboración del gráfico de control.
8. Con la creación de los gráficos de control se determina con certeza el aumento o disminución de cada uno de los elementos a analizar, y con esto se evita que las variables de control se salgan de los límites permisibles. Los métodos de control estadístico son una herramienta útil y vital para analizar las tendencias de aumento o disminución de los parámetros de control, logrando así realizar diagnósticos más eficaces y optimizar el funcionamiento de los motores.

9. Las condiciones en las que se lleva a cabo el control de descarga y consumo de aceite y combustible, provoca ineficiencia y discrepancia en los resultados que se solicitan; por esto se consideró la elaboración de hojas de control de descarga y consumo de aceite y combustible. Estas hojas de control forman parte de todas las herramientas que son indispensables para llevar a cabo un manejo y almacenamiento seguro de los combustibles. Por medio de estas hojas se permite tener un mejor control del consumo de combustible y aceite por cada motor de la planta generadora y un mejor control del combustible descargado por pipa en la planta, para tener como resultado una cantidad exacta de combustible existente.

10. Es importante tener conocimiento de las consecuencias que pueden causar en el ambiente y en la planta un mal manejo y almacenamiento de combustibles y aceites lubricantes. La determinación de estas consecuencias concientiza al personal de la planta, estableciéndose así un método favorable que dará como resultado prevenir y reducir accidentes, dando así un incremento en la seguridad laboral del personal, evitar derrames y contaminación al medio ambiente.

11. Los aspectos técnicos son herramientas útiles que deben tomar en cuenta el supervisor del laboratorio y el analista o asistente; estos aspectos no se han tomado en cuenta en la realización de los análisis, lo cual ha provocado ineficiencia en la realización de los análisis, falta de credibilidad en los resultados obtenidos, mala toma de decisiones y diagnósticos incorrectos. Es necesario auxiliar con información en el área teórica y práctica, y de esa forma se facilitará la comprensión y aplicación del diseño del sistema en el laboratorio de la planta generadora.

RECOMENDACIONES

Al supervisor del laboratorio y analista

1. Recopilar información específica de los distintos motores que se están analizando, con el fin de tener una mejor comprensión de los resultados que se puedan presentar.
2. Insistir en el uso de equipo de seguridad y limpieza en el laboratorio al momento de realizar los análisis, para así evitar accidentes y deterioro del equipo de laboratorio.
3. Antes de iniciar la realización de cualquier tipo de análisis, agitar las muestras para obtener análisis confiables.
4. Dar seguimiento al diseño del sistema de análisis y evaluar los resultados obtenidos a corto y mediano plazo.
5. Documentar constantemente los diferentes análisis que se proponen, para tener siempre una base técnica que ayude a comparar resultados tomando en cuenta casos ya archivados, durante el tiempo que opere el laboratorio.
6. Capacitar constantemente al personal del laboratorio, para asegurar la correcta aplicación de los procedimientos de operación.

7. Es necesario mantener comunicación con los encargados del área de mantenimiento de motores, para obtener información más específica del comportamiento de los motores durante el período de operación, y así, poder realizar una mejor interpretación de los resultados de los análisis.
8. Informar al personal encargado de la operación de los motores las características que pueda presentar el combustible, para que estos realicen los ajustes necesarios en los parámetros de operación de los motores.

A la Gerencia

9. Es necesario que la Gerencia aplique de forma inmediata la propuesta del manual de manejo y almacenamiento de combustible y aceite lubricante, y así se mejoren las condiciones de trabajo previniendo de esta forma cualquier tipo de accidente.

Al ingeniero de Seguridad e Higiene de la planta

10. Verificar que los operadores del Área de Almacenamiento de Combustible y aceite lubricante, cuenten con equipo de protección personal adecuado a las necesidades del trabajo que van a realizar y que conozcan debidamente el uso del mismo.
11. Efectuar constantes inspecciones para verificar si se está cumpliendo con los procedimientos propuestos en el manual de manejo y almacenamiento de combustible y aceite lubricante.

BIBLIOGRAFÍA

1. CAT. *Enciclopedia Kittiwake*. Miami USA: CAT, s.a. 180 p.
2. Caterpillar International. *Manual de instrucciones de servicio de motores y equipos auxiliares*. 3a ed. México: Caterpillar International, 2005. 148 p.
3. CITGO Petroleum Corporation. *Lubricantes automotrices e industriales*. Miami USA: CITGO, 2001. 230 p.
4. Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. *Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo*. Guatemala: IGSS, 1957. 210 p.
5. JIMÉNEZ, Gustavo. *Pruebas de laboratorio en aceites lubricantes*. Venezuela: Neográfica, 2002. 180 p.
6. Ministerio de Energía y Minas. *Nómina de productos de petróleo y sus denominaciones, características y especificaciones de calidad*. Guatemala: MEM, 2005. 160 p.
7. NIEBEL, Benjamín. *Métodos, tiempos y movimientos*. México: Alfa-Omega, 1996. 880 p.
8. NORTON, Robert. *Diseño de maquinaria*. México: McGra-Hill, 1995. 749 p.

9. Shell Guatemala. *Servicio de diagnóstico de equipos*. Guatemala: 190 p.
10. Shell Lubricantes. *Manual técnico de lubricantes industriales*. 2a ed, Guatemala: Shell, 2005. 146 p.
11. Texaco. *Desarrollo técnico–lubricación 2004*. 260 p.
12. _____. *Manual de limpieza de fluidos hidráulicos*. . Brasil: Texaco, 2001. 260 p.
13. WASDYKE, *Raymond*. *Experimentos con motores de combustión interna*. 3a ed., México: Limusa, 1989. 120 p.
14. WERTHER, William. *Administración de personal y recursos humanos*. 4a ed. México: Mcgraw-Hill, 1997. 486 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. **Aspectos a tomar en cuenta en el manejo y almacenamiento de combustibles y aceites lubricantes**

A continuación aparecen una serie de preguntas con sus respectivas respuestas las cuales se han elaborado con el convencimiento de que se constituirán en una herramienta que permitirá a la planta generadora enfrentar con éxito el desafío de sustentar ambientalmente sus actividades en el largo plazo.

¿Por qué preocuparse de un buen manejo de combustibles y lubricantes?

Un buen manejo de combustibles y lubricantes permite proteger a las personas, a las instalaciones de la planta, y el entorno donde éstas se encuentran, evitando o minimizando el riesgo de incendios y la contaminación del medio ambiente. Un buen manejo significa adoptar buenas prácticas en el trasvasije y transporte de estos productos a faena, en su almacenamiento y abastecimiento a maquinarias y equipos, disminuyendo la ocurrencia de derrames y el costo de estas pérdidas.

¿Qué precauciones se debe adoptar para prevenir el riesgo de incendio?

Los combustibles y lubricantes son inflamables bajo determinadas condiciones de concentración de gases y temperatura. Por esto es importante que: Las estaciones o áreas destinadas al reabastecimiento de combustibles y lubricantes, deben estar alejadas de fuentes de calor y adecuadamente ventiladas.

Los lugares donde se realicen trabajos de oxicorte, soldaduras o similares, deben estar limpios de combustibles y lubricantes. Para el almacenamiento de materias inflamables se debe utilizar contenedores apropiados y se debe evitar derrames en las operaciones de trasvasije. 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.

¿De qué manera se puede producir un daño al medio ambiente?

Las fugas de combustibles y lubricantes desde tanques o tuberías, así como los derrames durante la manipulación de estos productos, pueden ocasionar contaminaciones importantes del suelo y de aguas superficiales y subterráneas. Aunque las fugas o derrames sean pequeños, si son reiterados el efecto es igualmente nocivo. Las instalaciones antiguas de almacenamiento que estén apoyadas en el suelo o enterradas, pueden estar afectadas por el fenómeno de corrosión, presentando fugas permanentes que no se puede observar. A niveles de baja concentración en el agua, los combustibles y lubricantes pueden pasar inadvertidos en cuanto a olor o sabor, pero pueden afectar la salud de quien la bebe. En plantas ubicadas en sectores donde sea importante la vegetación, flora y fauna, la propagación de un eventual incendio puede generar un daño ambiental importante. Para evitar las fugas son preferibles las instalaciones que permitan una fácil inspección visual del almacenamiento y distribución, de manera de detectarlas oportunamente. En el caso de estanques o tuberías apoyadas en el suelo o enterradas, el control del nivel permite averiguar la posible existencia de fugas.

Si éstas existen, la instalación debe ser vaciada y dejada fuera de servicio. Para controlar un posible derrame, el área de manipulación debe estar rodeada por un pretil de contención. De preferencia la loza y pretil deben ser de concreto, o bien se debe impermeabilizar el área con una capa de arcilla y/o revestimiento de plástico. En cualquier caso, la zona de contención debe mantenerse limpia para permitir la recuperación del producto derramado. El volumen de contención debe ser algo mayor que el volumen almacenado en los tanques. Las válvulas, bombas y sellos de todas las instalaciones deben estar en buenas condiciones para permitir cierres herméticos.

¿Cómo se puede evitar y controlar las fugas y derrames de combustible lubricantes?

Para evitar las fugas son preferibles las instalaciones que permitan una fácil inspección visual del almacenamiento y distribución, de manera de detectarlas oportunamente. En el caso de estanques o tuberías apoyadas en el suelo o enterradas, el control del nivel permite averiguar la posible existencia de fugas. Si éstas existen, la instalación debe ser vaciada y dejada fuera de servicio. La planta debe contar con elementos básicos para evitar la propagación de un derrame de combustibles o lubricantes, así como su infiltración al subsuelo. El escurrimiento se puede detener con canaletas o barreras de contención alrededor del derrame, para luego recogerlo con algún material absorbente como aserrín o arena que debe estar fácilmente disponible. El material recogido se debe manejar como un residuo peligroso, por lo que debe ser dispuesto en sitio autorizado fuera de la planta o enterrado en un pozo impermeabilizado, evitando la posibilidad de contaminar recursos de agua.

¿Qué otros aspectos se debe considerar para almacenar combustibles y lubricantes?

El transporte de grandes volúmenes debe hacerlo preferentemente una empresa dedicada al rubro, en vehículos que cuenten con todas las facilidades para una operación segura. Entre otras, las siguientes medidas deben ser consideradas: Los productos transportados deben estar claramente identificados. Los vehículos de transporte deben estar equipados con materiales de seguridad y combate de contingencias en caso de derrame o combustión. El camino de acceso a la planta debe presentar condiciones adecuadas de superficie y pendientes para permitir un tránsito seguro. Hasta donde sea posible, se debe preferir la utilización de caminos de la red vial establecida.

¿Dónde es recomendable ubicar las instalaciones de almacenamiento y manejo de combustibles y lubricantes?

El almacenamiento de combustibles y lubricantes debe realizarse en áreas cercadas con un tamaño adecuado para realizarlo de manera ordenada y con facilidad de manipulación. Para esto, todos los tanques deben estar bien identificados. Las áreas habilitadas también deben tener un borde perimetral de contención de derrames, y disponer de materiales absorbentes como aserrín o arena. La superficie de las áreas habilitadas debe ser impermeable y mantenerse siempre limpia. Dependiendo de la cantidad de lluvias en el área, estos lugares deben estar protegidos por un techo para evitar el posible arrastre de productos. Las instalaciones de almacenamiento deben estar bien ventiladas, para evitar la acumulación de vapor inflamable, y alejadas de fuentes de calor.

Fuente: elaboración propia.

ANEXO

Anexo 1 **Corrosión**

La corrosión es definida como el deterioro de un material metálico a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. Siempre que la corrosión esté originada por una reacción química (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, la salinidad del fluido en contacto con el metal y las propiedades de los metales en cuestión.

Los más conocidos son las alteraciones químicas de los metales a causa del aire, como la herrumbre del hierro y el acero o la formación de pátina verde en el cobre y sus aleaciones (bronce, latón).

Sin embargo, la corrosión es un fenómeno mucho más amplio que afecta a todos los materiales (metales, cerámicas, polímeros, etc.) y todos los ambientes (medios acuosos, atmósfera, alta temperatura, etc.).

Es un problema industrial importante, pues puede causar accidentes (ruptura de una pieza) y, además, representa un costo importante, ya que se calcula que cada pocos segundos se disuelve 5 toneladas de acero en el mundo, procedentes de unos cuantos nanómetros o picómetros, invisibles en cada pieza pero que, multiplicados por la cantidad de acero que existe en el mundo, constituyen una cantidad importante.

La corrosión es un campo de las ciencias de materiales que invoca a la vez nociones de química y de física (físico-química). La corrosión de los metales es un fenómeno natural que ocurre debido a la inestabilidad

termodinámica de la mayoría de los metales. La corrosión, de hecho, es el regreso del metal a su estado natural, el óxido.

- Protección contra la corrosión

La corrosión es, pues, un fenómeno que depende del material utilizado, de la concepción de la pieza (forma, tratamiento, montaje) y del ambiente. Se puede influir entonces en estos tres parámetros; se puede influir también en la reacción química misma.

- Elección del material

La primera idea es escoger todo un material que no se corra en el ambiente considerado. Se pueden utilizar aceros inoxidable, aluminios, cerámicas, polímeros (plásticos), etc. La elección también debe tomar en cuenta las restricciones de la aplicación (masa de la pieza, resistencia a la deformación, al calor, capacidad de conducir la electricidad, etc.). Cabe recordar que no existen materiales absolutamente inoxidables; hasta el aluminio se puede corroer.

- Concepción de la pieza

En la concepción, hay que evitar las zonas de confinamiento, los contactos entre materiales diferentes y las heterogeneidades en general. Hay que prever también la importancia de la corrosión y el tiempo en el que habrá que cambiar la pieza (mantenimiento preventivo).

- Dominio del ambiente

Cuando se trabaja en ambiente cerrado (por ejemplo, un circuito cerrado de agua), se pueden dominar los parámetros que influyen en la corrosión; composición química (particularmente la acidez), temperatura, presión... Se puede agregar productos llamados "inhibidores de corrosión". Un inhibidor de corrosión es una sustancia que, añadida a un determinado medio, reduce de manera significativa la velocidad de corrosión. Las sustancias utilizadas dependen tanto del metal a proteger como del medio, y un inhibidor que funciona bien en un determinado sistema puede incluso acelerar la corrosión en otro sistema.

Sin embargo, este tipo de solución es inaplicable cuando se trabaja en medio abierto (atmósfera, mar, cuenca en contacto con el medio natural, circuito abierto...).

- Tipos de corrosión: Algunos tipos de corrosión conocidos se presentan a continuación:

- Corrosión por oxígeno

Este tipo de corrosión ocurre generalmente en superficies expuestas al oxígeno diatómico disuelto en agua o al aire, se ve favorecido por altas temperaturas y presión elevada (ejemplo: calderas de vapor). El oxígeno provoca el llamado pitting (picado) en aquellas superficies muy pulidas y expuestas.

La burbuja de oxígeno que se localiza forma un cátodo y el metal del seno que aloja dicha burbuja se transforma en un ánodo. Este tipo de corrosión es muy reactiva y puede desarrollarse en un breve lapso. La corrosión en las máquinas térmicas (calderas de vapor) representa una constante pérdida de rendimiento y vida útil de la instalación.

- Corrosión microbiológica

Algunos microorganismos son capaces de causar corrosión en las superficies metálicas sumergidas. Se han identificado algunas especies hidrógeno dependientes que usan el hidrógeno disuelto del agua en sus procesos metabólicos provocando una diferencia de potencial del medio circundante. Su accionar está asociado al pitting (picado) del oxígeno o la presencia de ácido sulfhídrico en el medio.

- Corrosión por presiones parciales de oxígeno

El oxígeno presente en una tubería por ejemplo, está expuesto a diferentes presiones parciales del mismo. Es decir una superficie es más aireada que otra próxima a ella y se forma una pila. El área sujeta a menor aireación (menor presión parcial) actúa como ánodo y la que tiene mayor presencia de oxígeno (mayor presión) actúa como un cátodo y se establece la migración de electrones, formándose óxido en una y reduciéndose en la otra parte de la pila. Este tipo de corrosión es común en superficies

muy irregulares donde se producen obturaciones de oxígeno.

- Corrosión galvánica

Es la más común de todas y se establece cuando dos metales distintos entre si actúan como ánodo uno de ellos y el otro como cátodo. Aquel que tenga el potencial de reducción más negativo procederá como una oxidación y viceversa aquel metal o especie química que exhiba un potencial de reducción mas positivo procederá como una reducción. Este par de metales constituye la llamada pila galvánica. En donde la especie que se oxida (ánodo) cede sus electrones y la especie que se reduce (cátodo) acepta los electrones.

Fuente: elaboración propia.

