



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

**IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS
SEPARADORAS DE COMBUSTIBLE DE UNA PLANTA DE GENERACIÓN DE
ENERGÍA ELÉCTRICA POR MEDIO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN
INTERNA BASADO EN LA NORMA ISO 9001:2000**

EDDY ESTUARDO GIRÓN MAZARIEGOS

Asesorado por Ing. Elder Armando Morales Solís

Guatemala, Septiembre 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS
SEPARADORAS DE COMBUSTIBLE DE UNA PLANTA DE GENERACIÓN DE
ENERGÍA ELÉCTRICA POR MEDIO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN
INTERNA BASADO EN LA NORMA ISO 9001:2000**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDDY ESTUARDO GIRÓN MAZARIEGOS

ASESORADO POR ING. ELDER ARMANDO MORALES SOLÍS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Ing. Juio César Molina Zaldaña
EXAMINADOR	Ing. Jorge Iván Echeverría Permouth
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS
SEPARADORAS DE COMBUSTIBLE DE UNA PLANTA DE GENERACIÓN DE
ENERGÍA ELÉCTRICA POR MEDIO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN
INTERNA BASADO EN LA NORMA ISO 9001:2000,**

tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha Noviembre de 2004.

Eddy Estuardo Girón Mazariegos

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII

1. ANTESCEDENTES GENERALES

1.1	Mantenimiento.....	1
1.1.1	Tipos de mantenimiento.....	1
1.1.1.1	Mantenimiento correctivo.....	2
1.1.1.2	Mantenimiento preventivo.....	2
1.1.1.3	Mantenimiento proactivo.....	3
1.1.1.4	Mantenimiento predictivo.....	4
1.2	Separación.....	5
1.2.1	Principios básicos de la separación.....	5
1.2.2	Tipos de separación.....	5
1.2.2.1	Sedimentación por gravedad.....	6
1.2.2.2	Separación centrífuga.....	6
1.2.3	Aplicaciones de separación.....	9
1.3	Normas ISO.....	10
1.3.1	Familia ISO 9000.....	14
1.3.1.1	Normas ISO 9000.....	14
1.3.1.2	Normas ISO 9001.....	15

1.3.1.3	Normas ISO 9004.....	17
1.4	Combustible.....	18
1.4.1	Tipos de combustible.....	18
1.4.1.1	Diesel.....	18
1.4.1.2	Bunker.....	21
1.4.1.3	Gasolina.....	23
1.4.1.4	Orimulsión.....	24
1.4.1.5	Otros.....	25

2 **SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA**

2.1	Descripción de la planta.....	27
2.1.1	Tipo de instalación.....	27
2.1.2	Materias primas utilizadas.....	29
2.1.2.1	Combustible.....	30
2.1.2.2	Aceite.....	33
2.1.2.3	Agua.....	33
2.1.2.4	Aire.....	34
2.1.3	Capacidad instalada.....	34
2.2	Motores utilizados para la generación.....	38
2.3	Diagrama de operaciones del proceso.....	41
2.4	Departamento de mantenimiento.....	47
2.4.1	Descripción de puestos.....	47
2.4.2	Descripción de las separadoras de combustible.....	50
2.4.2.1	Mantenimiento aplicado a la separadora.....	53
2.4.3	Taller de mantenimiento.....	53
2.4.3.1	Equipos.....	54
2.4.3.2	Herramientas.....	54
2.4.4	Manejo de almacén de repuestos.....	55

2.5	Frecuencia del mantenimiento correctivo en las separadoras de combustible.....	56
2.6	Problema del mantenimiento correctivo en las separadoras de combustible.....	56

3 PROPUESTA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS SEPARADORAS DE COMBUSTIBLE

3.1	Descripción del mantenimiento preventivo.....	59
3.2	Programa a utilizar para el mantenimiento.....	59
3.2.1	Visualización de la lista.....	60
3.2.2	Visualización del registro.....	62
3.2.3	Equipos y detalles.....	63
3.2.4	Programación.....	66
3.3	Manejo de repuestos con el programa de mantenimiento.....	67
3.3.1	Beneficios.....	69
3.4	Descripción de instructivos aplicando la norma ISO 9001:2000.....	70
3.4.1	Objetivo.....	72
3.4.2	Alcance.....	72
3.4.3	Descripciones y terminologías.....	74
3.4.4	Precauciones.....	75
3.4.4.1	Salud.....	75
3.4.4.2	Seguridad.....	76
3.4.4.3	Medio Ambiente.....	76
3.4.5	Condiciones preliminares.....	77
3.4.6	Desarrollo.....	77
3.4.7	Registros generados.....	78

3.4.8 Anexos.....	78
-------------------	----

4 IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS SEPARADORAS DE COMBUSTIBLE

4.1 Frecuencia del mantenimiento preventivo.....	79
4.1.1 Comprobaciones diarias.....	80
4.1.2 Lavado con químico cada 500 horas.....	81
4.1.3 Cambio de aceite cada 1000-1500 horas.....	81
4.1.4 Servicio Intermedio cada 2000 horas.....	82
4.1.5 Servicio completo cada 8000 horas.....	83
4.2 Descripción de los mantenimientos.....	85
4.2.1 Comprobaciones diarias.....	85
4.2.2 Lavado con químico.....	87
4.2.3 Cambio de aceite.....	89
4.2.4 Servicio intermedio.....	92
4.2.5 Servicio completo.....	101
4.3 Capacitación al personal de mantenimiento.....	107
4.3.1 Descripción de los instructivos.....	107
4.3.1.1 Objetivo.....	108

5 SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTÍNUA

5.1 Índices de mejoras.....	111
5.1.1 Eficiencia de la maquinaria.....	111
5.1.2 Optimización del tiempo de trabajo.....	114
5.2 Beneficios que se generaron.....	117
5.2.1 Menor contaminación ambiental.....	117

5.2.2	Disposición de repuestos en almacén.....	118
5.2.3	Reducción de paros en las separadoras.....	119
5.3	Círculos de calidad en el área de mantenimiento.....	119
5.4	Mejoras en las políticas del uso de herramientas.....	121
5.5	Mejoras en las políticas del uso del equipo.....	122
5.6	Capacitación constante a los trabajadores.....	123
	CONCLUSIONES.....	125
	RECOMENDACIONES.....	127
	BIBLIOGRAFÍA.....	129
	ANEXOS.....	131

ÍNDICE DE ILUSTACIONES

FIGURAS

1.	Diferencia de separación centrífuga y separación por sedimentación	8
2.	Diagrama de recorrido del sistema de combustible, bunker	28
3.	Casa de tratamiento de combustible	29
4.	Nomograma para obtener el valor CCAI	32
5.	Tanques de almacenamiento y diarios de bunker	35
6.	Diagrama de operaciones del proceso	42
7.	Organigrama del departamento de mantenimiento	49
8.	Partes de la separadora	52
9.	Formato de orden de trabajo	61
10.	Visualización del registro del programa de mantenimiento	63
11.	Formato para permiso de trabajo a contratistas	65
12.	Estimación de horas de trabajo	67
13.	Diagrama causa-efecto, del manejo de repuestos con el programa de mantenimiento	68
14.	Formato del control de manejo de repuestos	69
15.	Sistema de gestión integrado	71
16.	Esquema de instructivo aplicando la norma ISO	73
17.	Esquema de abreviaturas	74
18.	Puntos de control para el análisis de vibraciones	86
19.	Nivel de aceite	87
20.	Unidad de lavado conectada a la separadora	88
21.	Partes importantes para el cambio de aceite en la separadora	90
22.	Rueda helicoidal y tornillo sinfín	91
23.	Junta de estanqueidad de la tapa del rotor	93

24.	Piezas principales del rotor para comprobar la corrosión	94
25.	Presión del paquete de discos	96
26.	Partes del anillo dosificador	97
27.	Alineación del anillo de cierre con el cuerpo del rotor	99
28.	Introducción de los nuevos tapones a presión	100
29.	Medición de la altura del eje del rotor	102
30.	Eje del rotor; oscilación radial	103
31.	Disco centrípeto de maniobra; altura	104
32.	Disco centrípeto superior; altura	105
33.	Eje de la rueda helicoidal; oscilación radial	106
34.	Formato de evaluación al personal con respecto a la implementación de la norma ISO 9001:2000	109
35.	Formato propuesto para índice de pureza de combustible	112
36.	Formato de control de vibraciones en las separadoras de combustible	114
37.	Formato para el control de tareas diarias de mantenimiento	116
38.	Diagrama causa-efecto de la optimización del tiempo de trabajo por mantenimiento preventivo aplicado	116
39.	Formato para el control de los círculos de calidad	124
40.	Elementos de fuegos	133

TABLAS

I.	Especificaciones del aceite combustible bunker	22
II.	Datos técnicos del motor 18V46	38
III,	Resumen del diagrama de operaciones	46
IV.	Programa de mantenimiento preventivo	79
V.	Niveles para la clasificación de riesgos de contaminación al medio ambiente	132
VI.	Simbología de precaución industrial	136

LISTA DE SÍMBOLOS

amp	Amperio
cm	Centímetros
Cts	Centistokes
gr	Gramos
Hz	Hertzios
l	Litro
max	Máximo
mín	Mínimo
mg	miligramo
ml	Mililitro
mm	Milímetro
mts	Metros
MW	Megawatts
rpm	Revoluciones por minuto
ppm	Partículas por millón
kg	Kilogramos
Kpa	Kilopascales
VG	Grado de viscosidad
VI	Índice de viscosidad
°C	Grados centígrados
°F	Grados Fahrenheit
ρ	Densidad
%	Porcentaje
\$	Dólar americano

GLOSARIO

API	Es una escala de la gravedad establecida por el Instituto Americano del Petróleo y, en uso general, en la industria petrolera, la cual es llamada "El grado A.P.I.". Esta escala arbitraria expresa la gravedad o la densidad de los productos de petróleo líquidos.
Asfáltenos	Componentes que quedan como fracción insoluble luego de tratar una mezcla en determinadas condiciones, suelen originar precipitados, sólidos, que dañan el medio poroso o bloquean cañerías de conducción.
Biela	Una de las partes que en los motores sirve para convertir la potencia indicada producida por el combustible en la cámara de combustión, en potencia en el eje.
Bitumen	Es la porción del petróleo que existe en fase sólida o semisólida en depósitos naturales; usualmente contiene sulfuros, metales y otros compuestos no hidrocarburos.

Carter	Recipiente metálico de un motor de combustión interna donde se encuentra el aceite lubricante, desde donde las bombas de lubricación lo succionan.
Centistoke	Unidad de medición que se utiliza para la viscosidad de un líquido.
Cigüeñal	Parte metálica de un motor de combustión interna que sirve para transferir la energía rotacional influenciada por un pistón y biela, hacia otro sistema mecánico o eléctrico.
Cojinete	Pieza o elemento mecánico que sirve de apoyo a un eje, le facilita su giro y reduce fricción y esfuerzos. Según el tipo de contacto entre las piezas, pueden ser de deslizamiento o de rodadura y, según el elemento de rodadura que llevan en su interior, los hay de bolas, de rodillos o de agujas. También hay cojinetes radiales o axiales en función del tipo o sentido del esfuerzo sobre el mismo.
Culata	Parte metálica de un motor de combustión interna donde se produce la combustión.
Eje de leva	Parte mecánica del motor de combustión interna construida específicamente para darle el tiempo necesario para la admisión de aire, inyección de combustible y escape de gases de la combustión.

Energía Neumática	Funcionamiento de cualquier maquina, herramienta o artefacto por medio de aire.
Generador sincrónico	Máquina generadora de energía eléctrica alterna a partir de energía mecánica con medios electromagnéticos.
Hidrocarburo	Término general usado para los compuestos orgánicos que contienen solamente carbono e hidrógeno en su molécula. La mayoría de combustibles se encuentran dentro de estos.
Humedad relativa	Es la razón entre el contenido efectivo de vapor en la atmósfera y la cantidad de vapor que saturaría el aire a la misma temperatura.
ISO	Organización Internacional de Normalización. La normalización es un proceso que tiende a uniformar aspectos técnicos inherentes a productos, procesos y servicios que cobra relevancia en el ámbito internacional con la globalización de la economía.
Motor de combustión Interna	Cualquier tipo de máquina que obtiene energía mecánica, directamente, de la energía química producida por un combustible que arde dentro de una cámara de combustión.

Osmosis inversa	Proceso de desalinización que permite obtener agua pura a partir de agua salada.
Pistón	Émbolo ubicado dentro del cilindro y fabricado en aleaciones especiales de metales para resistir las elevadas presiones y temperaturas a las que es sometido. Tiene un movimiento alternativo y sus funciones son varias. En primer lugar, debe comprimir la mezcla de combustible y aire, hasta hacerla explotar. En segundo lugar, es el encargado de difundir la fuerza de la explosión al cigüeñal a quien se conecta a través del bulón y la biela. Por último, debe evitar que los gases quemados se escapen hacia el cárter.
Punto de ignición	Es la temperatura de una sustancia cuando ésta se eleva hasta el punto en que sus moléculas reaccionan espontáneamente con el oxígeno y la sustancia empieza a arder.
SAE	Society of Automotive Engineer. Clasifica los aceites lubricantes de acuerdo a su viscosidad.
Sulfactantes	Sales que se utilizan para absorber la humedad.

Transformador eléctrico	Un transformador es todo dispositivo capaz de transferir la energía eléctrica procedente de una fuente de corriente alterna a uno o más circuitos eléctricos con un voltaje o diferencial de potencia eléctrico superior o inferior al inicial.
Turbocompresor	Se utiliza para aumentar la presión del aire de admisión de manera que, con la misma cilindrada, el motor admita más mezcla y proporcione mayor trabajo.
Válvula de admisión	Válvula que permite el flujo del aire para la combustión en el motor.
Válvula de escape	Válvula que permite el flujo de los gases de escape fuera de la cámara de combustión.
Viscosidad	Resistencia a los esfuerzos cortantes.

RESUMEN

El tema de certificación de normas ISO es de gran importancia en el medio nacional. Las empresas actualmente, desean certificarse, ya que, esto les da garantía de calidad, lo cual promueve a que sus productos sean de mucha confianza para el consumo de la población. Con el Tratado de Libre Comercio en la región, la competencia entre las empresas, cada día, será mayor, con lo cual, lo que diferenciará una de otra es la garantía de calidad que ésta tenga, la garantía se obtiene documentando todos sus procesos y sus lineamientos administrativos para obtener el certificado.

El presente trabajo de graduación define una implementación del mantenimiento preventivo en las separadoras de combustible de una planta de generación de energía eléctrica por medio de motores de combustión interna basado en la norma ISO 9001:2000. La mayor parte de información acerca del concepto de mantenimiento, el funcionamiento de una separadora de combustible la cual es utilizada en la mayoría de plantas de generación; y, la información acerca de las normas ISO se encuentra en el primer capítulo. La estructura de la implementación comienza en el segundo capítulo con la descripción de la planta, en general.

La propuesta del mantenimiento preventivo y la implementación que se pretende realizar se presentan en los capítulos tres y cuatro, respectivamente. Se tomó el área de mantenimiento, específicamente, la casa de separadoras de combustible para presentar algunos índices de mejora y algunas propuestas en lo que corresponda la norma ISO 9001:2000, para seguir el proceso de mejora continua, esto se encuentra en el quinto capítulo. Las recomendaciones y anexos complementan esta implementación.

OBJETIVOS

General

Elaborar la implementación del mantenimiento preventivo en las separadoras de combustible de la planta basado en la norma ISO 9001:2000 con el fin de tener una mejor eficiencia en las maquinas y cumplir con los requerimientos de la norma en el departamento de mantenimiento.

Específicos

1. Realizar una investigación de los conceptos teóricos importantes para que ayude a la implementación del mantenimiento preventivo basado en la norma ISO 9001:2000, que se aplica en la planta.
2. Analizar la distribución de la planta, para conocer el manejo del departamento de mantenimiento dentro de ella y los objetivos de éste.
3. Investigar el funcionamiento del departamento de mantenimiento con las áreas que se involucren con este departamento y analizar la comunicación que se tiene.
4. Determinar de que manera se puede realizar una propuesta para implementar la norma ISO 9001:2000 en el departamento de mantenimiento.
5. Identificar el tipo de mantenimiento que se aplica a las separadoras de combustible y de que manera se puede mejorar.

6. Determinar las medidas de salud, seguridad y medio ambiente que se pueden aplicar en el departamento de mantenimiento.
7. Proponer integración de grupo por medio de círculos de calidad para poder solventar inconvenientes que se tengan en la planta.
8. Proponer mejoras en el uso de equipo y herramienta en el departamento de mantenimiento.
9. Establecer una capacitación constante al personal donde se desarrollen temas importantes para el seguimiento de la norma dentro de la planta.

INTRODUCCIÓN

La empresa, en la cual se realizará el estudio, se dedica a la generación de energía eléctrica, la cual se genera de distintas maneras y una de ellas se realiza por medio de motores de combustión interna, actualmente, se tienen seis plantas de este tipo, instaladas en el país. Debido a que los motores de esta planta trabajan con bunker, es necesario que este combustible llegue lo más limpio posible al motor, para que al realizar la combustión, ésta se realice de la manera más eficiente para evitar el daño de piezas internas y hacer que la energía transmitida al generador sea la máxima.

Para mantener un combustible lo más limpio posible se necesitan de las separadoras de combustible, las cuales en la planta son cuatro. Es importante el mantenimiento que se le de a esta maquinaria, pues, de ellas depende la eficiencia de los motores.

El presente trabajo de graduación trata sobre la implementación de un mantenimiento preventivo en el área de separadoras de combustible de la planta, ya que, es una de las áreas más delicadas por ser la que da limpieza al combustible que se quema en los motores, al dañarse las separadoras de combustible provoca que el combustible pase de manera impura al motor con lo cual causa taponamiento en los filtros, mala combustión y el desgaste de piezas internas en la cámara de combustión del mismo.

Para la realización de esta implementación se trabaja en base a la norma ISO 9001:2000 con lo cual se tendrán instructivos de mantenimiento, los cuales indican de manera detallada y cumpliendo con las normas de calidad el procedimiento para dicho mantenimiento. Estos procedimientos contarán con

medidas de salud, seguridad y medio ambiente que se deban tomar para la realización de este mantenimiento. También, incluye un último capítulo donde se proponen mejoras en el área de integración laboral por medio de círculos de calidad y capacitación constante, asimismo, mejoras en el área de mantenimiento en relación al manejo de equipo y herramienta.

La planta que se tomó como base esta ubicada en la costa sur; esta empresa cuenta con otra planta ubicada en la autopista que conduce al puerto de San José, las instalaciones son muy similares a las de la planta base, por lo tanto, esta implementación puede ser tomada para ambas plantas.

Para el desarrollo del presente trabajo de graduación, se tomaron en cuenta actividades de mantenimiento rutinarias que ocurren dentro de la planta en el área de separadoras de combustible. Para los intereses de la implementación se tomaron los datos y aspectos más importantes que ocurren dentro de esta área para aplicarlos en el desarrollo del campo profesional.

1. ANTECEDENTES GENERALES

Para poder hablar del mantenimiento preventivo de las separadoras de combustible aplicando las normas ISO, se deberán establecer los tipos de mantenimiento que existen, el objetivo de la separación, la familia de las Normas ISO 9000 y su importancia en esta implementación y los tipos de combustible que existen con sus especificaciones.

1.1 Mantenimiento

El hacer mantenimiento con un concepto actual no implica reparar equipo roto tan pronto como se pueda sino mantener el equipo en operación a los niveles especificados. La primera prioridad del mantenimiento es prevenir fallas y de este modo reducir los riesgos de paradas imprevistas.

El mantenimiento no empieza cuando los equipos e instalaciones son recibidos y montados, sino en la etapa inicial de todo proyecto y continúa cuando se formaliza la compra de aquéllos y su montaje correspondiente.

1.1.1 Tipos de mantenimiento

Existen cuatro tipos reconocidos de operaciones del mantenimiento, los cuales están en función del momento en el tiempo en que se realizan, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha, y en función a los recursos utilizados, así tenemos:

1.1.1.1 Mantenimiento correctivo

Este mantenimiento también es denominado "mantenimiento reactivo", tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- a) Paradas no planificadas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- b) Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- c) Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado
- d) La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

1.1.1.2 Mantenimiento preventivo

Este mantenimiento también es denominado "mantenimiento planificado", tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar

a cabo dicho procedimiento; el fabricante también estipula el momento adecuado a través de los manuales técnicos. Presenta las siguientes características:

- a) Se realiza en un momento en que no se esta produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- b) Se lleva a cabo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios "a la mano".
- c) Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- d) Esta destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- e) Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- f) Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

1.1.1.3Mantenimiento proactivo

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar concientes de las actividades que se llevan acabo para desarrollar las labores de mantenimiento.

Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el Plan Estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores, informes, hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores.

1.1.1.4 Mantenimiento predictivo

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica, mecánica y eléctrica, real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, de instrumentos, y en contratación de personal calificado. Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo:

- a) analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones),
- b) endoscopia (para poder ver lugares ocultos),
- c) ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros),

- d) termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado),
- e) medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.).

1.2 Separación

La separación es importante en cualquier proceso en el cual se necesite realizar cierta limpieza en algún líquido cualquiera para contrarrestar las impurezas que se puedan tener en el proceso general de cualquier sistema.

1.2.1 Principios básicos de la separación

La separación puede realizarse para:

- a) separar un líquido de las partículas sólidas,
- b) separar dos líquidos insolubles mutuamente con densidades diferentes eliminando a la vez las partículas sólidas presentes en los mismos,
- c) separar y concentrar las partículas sólidas de un líquido.

1.2.2 Tipos de separación

Dentro de los tipos de separación que existen en la actualidad se tienen los siguientes:

1.2.2.1 Sedimentación por gravedad

La sedimentación simple o por gravedad, generalmente es parte de los tratamientos primarios y tiene por objeto reducir la carga de sólidos sedimentables cuyos tamaños de partícula son relativamente grandes. Mediante esta operación se eliminan partículas simples, no aglomerables, por disminución de la velocidad y turbulencia del fluido, es decir, la eliminación se da simplemente, cuando la fuerza de gravedad que obra sobre las partículas, prevalece sobre la fuerza de arrastre del fluido. Esta operación se realiza en unidades conocidas como “desarenadores” o “clarificadores”.

La mezcla de líquidos en un tanque fijo se irá limpiando lentamente al precipitarse las partículas sólidas hasta la base utilizando la fuerza de la gravedad. El líquido menos denso subirá, mientras que el líquido más denso y las partículas sólidas se precipitarán. Se puede obtener la separación continua y la sedimentación en un tanque de decantación con salidas colocadas de acuerdo con la diferencia de densidad de los líquidos. Las partículas más pesadas contenidas en la mezcla se precipitarán y formarán una capa de sedimentos en la base del tanque.

1.2.2.2 Separación centrífuga

El separador centrífugo vertical realiza de forma continua la separación del producto tratado en dos fases líquidas, con diverso peso específico y, así mismo permite la separación inminente de una fase más pesada (sedimentos sólidos).

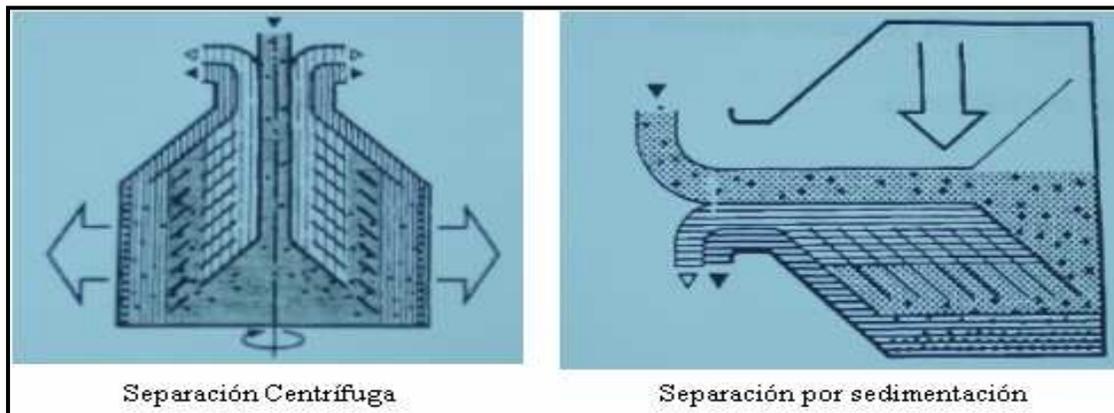
Una variante de lo dicho es el uso del separador como clarificador; en este caso, sólo existe la separación de una fase líquida y otra sólida (sedimentos sólidos), procedimiento éste empleado para limpieza de líquidos con impurezas sólidas.

El producto se introduce en el rotor a través de un tubo central hasta la cámara de separación dotada de una columna de platillos perforados. Por efecto de la fuerza centrífuga unida a la presencia de los citados platillos, se produce la separación en tres fases: fase líquida ligera, fase líquida pesada y sedimentos.

Las dos fases líquidas salen del rotor. Los sedimentos sólidos más pesados se recogen en la zona periférica del rotor, donde serán expulsadas periódicamente a través de la maniobra hidráulica de descarga, maniobra que se efectúa de forma automática y programada. Normalmente se efectúa cada hora de trabajo, abriendo la válvula neumática por medio de aire comprimido, con esto se logran expulsar los sólidos que pueda tener el combustible.

En un rotor girando a gran velocidad, la fuerza de gravedad se sustituye por la fuerza centrífuga, que puede llegar a ser muchísimo mayor. Los procesos de separación y de sedimentación son continuos y se producen muy rápidamente. La fuerza centrífuga actuando en el rotor de la separadora puede conseguir en unos segundos lo que tardaría horas en un tanque funcionando por gravedad. En la figura 1 se muestra la diferencia entre la separación por sedimentación y la separación centrífuga.

Figura 1. Diferencia de separación centrífuga y separación por sedimentación



Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

Para algunos tipos de líquido de proceso, por ejemplo, aceites minerales, la capacidad de separación se incrementa generalmente mediante una alta temperatura de separación. La temperatura influye en la viscosidad y en la densidad del aceite y debe ser mantenida constante durante el proceso de separación.

Una baja viscosidad facilita la separación. La viscosidad puede reducirse mediante calentamiento.

Cuando mayor sea la diferencia de densidad entre dos líquidos, más fácil será la separación. La diferencia de densidad puede incrementarse mediante calentamiento.

1.2.3 Aplicaciones de separación

La separación es utilizada actualmente en muchos procesos como los de la industria alimenticia, a bordo de barcos purificando el gasóleo o el aceite lubricante de los motores, en plataformas petrolíferas para separar el petróleo del agua, o en el tratamiento de aguas residuales ya sea en el ámbito industrial o municipal. Las aplicaciones principales son:

A. Separación en industria alimenticia. en el caso de la industria alimenticia, principalmente en el sector lácteo-quesero las separadoras centrífugas, se aplican en los siguientes procesos:

1. Clarificación de la leche para eliminar todas las partículas extrañas.
2. Separación de la nata, en frío o caliente, del resto de los componentes de la leche.
3. Normalización del contenido en grasa.

Las separadoras centrífugas, son máquinas programadas para las exigencias de los estándares sanitarios de las industrias alimentarias.

Son fáciles de limpiar e higienizar, lavado químico automático, gracias a su construcción en acero inoxidable de alta calidad y fácil acceso a sus órganos móviles, ofreciendo la máxima garantía de higiene del producto tratado.

B. Separación en gasóleo o aceite. en el caso de la separación del gasóleo o aceites lubricantes de motores de combustión interna específicamente, el proceso de separación se utiliza principalmente para prevenir cualquier tipo de

impureza que se pueda tener en el aceite o combustible, y con esto evitar cualquier tipo de desgaste de piezas o taponamiento de filtros que se pueda tener.

1.3 Normas ISO

La normalización a nivel internacional se inició en el campo electrónico, teniendo aproximadamente más de 90 años de vigencia. Alrededor de la década de 1930 se realizaron algunos intentos para desarrollar normas internacionales en campos diferentes al electrónico; sin embargo, fue hasta el año de 1946 cuando delegados de 25 países se reunieron en Londres, Inglaterra, con el propósito de crear una organización internacional dedicada a la normalización. Para hablar de las Normas ISO se debe estructurar de la siguiente manera:

A. **Creación de la ISO.** la Organización Internacional de Normalización (ISO), inició oficialmente sus funciones el 23 de febrero de 1947 y su sede se estableció en Ginebra, Suiza. A enero de 2003, la Organización Internacional de Normalización estaba integrada por 146 organismos nacionales de normalización de todo el mundo; de los cuales 94 son miembros plenos, 37 son miembros correspondientes y 15 son miembros suscriptores.

Para ser Miembro de la ISO los Organismos necesitan pagar una cuota anual en dólares que les permite participar en las siguientes categorías:

a) **Organismo miembro:** es el organismo nacional más representativo de la normalización en su país, la ISO solamente acepta una organización de cada país como organismo miembro. Los organismos miembros están

autorizados para participar y ejercer su derecho a votar en cualquier comité de la ISO; son elegibles para el consejo de miembros; y tienen un lugar en la asamblea general. La cuota anual de esta categoría es de aproximadamente US \$. 25,000.00.

- b) **Miembro correspondiente:** esta categoría normalmente es aplicable a organismos de normalización de países en desarrollo. Los miembros correspondientes no toman parte activa en el trabajo técnico, pero están autorizados para mantenerse informados acerca del trabajo que sea de su interés. Pueden asistir a las asambleas generales como observadores. La cuota anual de esta categoría es de aproximadamente US \$. 10,000.00.
- c) **Miembro suscriptor:** recientemente la ISO estableció esta tercera categoría de miembros suscriptores especialmente para países con economías pequeñas. Estos miembros pagan cuotas reducidas que les permiten mantener contacto con la normalización internacional. La cuota anual de esta categoría es de aproximadamente US \$. 2,500.00.

Guatemala participa en la ISO como miembro correspondiente desde el año 1997, obteniendo información de normas internacionales y pudiendo asistir como observador a las asambleas generales que se realizan anualmente.

B. Estructura de la ISO. las actividades de la ISO están dirigidas por un consejo directivo, constituido por los funcionarios de más alto nivel y dieciocho miembros electos de los comités miembros.

En el aspecto administrativo la ISO está conformada de la siguiente manera:

- a) Presidente,
- b) vicepresidente de aspectos políticos,

- c) vicepresidente de gestión técnica,
- d) tesorero,
- e) secretario general.

Son funciones y objetivos de la ISO promover el desarrollo de la normalización internacional y las actividades relacionadas, con el fin de facilitar el intercambio de bienes y servicios; y, desarrollar la cooperación internacional en las esferas intelectuales, científicas, tecnológicas y económicas.

C. Importancia de la normalización. la normalización es un proceso que tiende a uniformar aspectos técnicos inherentes a productos, procesos y servicios, que cobra relevancia en el ámbito internacional con la globalización de la economía. Actualmente, los países utilizan el cumplimiento normativo como una herramienta estratégica para poder acceder a nuevos mercados y/o consolidarse en otros, demostrando que son competitivos en las áreas de su interés.

El crecimiento económico de los países, vía el comercio internacional, se sustenta en un alto porcentaje en la capacidad que tienen de cumplir con los requisitos establecidos en las normas internacionales, desplazando a sus competidores por medio de ofertas de productos y servicios de mejor calidad, menores costos, innovación tecnológica y versatilidad.

En la medida que los países en desarrollo participen en la elaboración de normas internacionales o las utilicen como base para la elaboración de sus normas nacionales, se facilitará el acceso de sus productos al exigente mercado internacional; asimismo, elevará el nivel de protección y satisfacción de sus consumidores, lo que se hace imperativo por el fenómeno de la globalización.

D. Creación de Normas en Guatemala. el organismo nacional de normalización fue creado el 05 de mayo de 1962 por medio del Decreto 1523, del Congreso de la República “Ley de creación de la comisión guatemalteca de normas COGUANOR“ y su respectivo reglamento se oficializó por medio del acuerdo gubernativo 156 del año 1966.

La comisión guatemalteca de normas (COGUANOR) está adscrita al Ministerio de Economía, siendo el órgano especializado para la elaboración de normas que promuevan el desenvolvimiento ordenado de las actividades industriales, agrícolas y comerciales, propiciando condiciones de competencia sana y justa entre ellas e imponiendo principios de equidad en las relaciones entre productores y consumidores.

Los fines y atribuciones de la comisión guatemalteca de normas COGUANOR son:

- a) dirigir, coordinar y unificar las actividades y la política del país en materia de fijación de normas.
- b) estudiar, elaborar, modificar y proponer al Organismo Ejecutivo, por conducto del Ministerio de Economía, la adopción de normas formuladas de acuerdo con su ley y sus reglamentos.
- c) constituir, de acuerdo con los reglamentos respectivos, los comités técnicos necesarios para el estudio, elaboración y en su caso modificación de cada norma en particular.
- d) vigilar la aplicación de las normas adoptadas.
- e) establecer y mantener relaciones con las organizaciones internacionales y regionales de fijación de normas, especialmente las centroamericanas y con las entidades creadas para el mismo objeto en otros países.
- f) tener bajo su jurisdicción todos los demás asuntos relacionados con la fijación de normas en Guatemala.

1.3.1 Familia ISO 9000

La familia de normas ISO 9000:2000 promueven la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora un sistema de gestión de la calidad (SGC). El enfoque basado en procesos está reflejado en la estructura de la Norma ISO 9001:2000 sistemas de gestión de la calidad. Requisitos, y también en la Norma ISO 9004:2000 sistemas de gestión de la calidad. Directrices para la mejora del desempeño.

1.3.1.1 Norma ISO 9000

Esta norma describe los fundamentos de los sistemas de gestión de la calidad, los cuales constituyen el objeto de la familia de las Normas ISO 9000, y define términos relacionados con los mismos.

Esta norma internacional es aplicable a:

- a) las organizaciones que buscan ventajas por medio de la implementación de un sistema de gestión de la calidad;
- b) las organizaciones que buscan la confianza de sus proveedores en que sus requisitos para los productos serán satisfechos;
- c) los usuarios de los productos;
- d) aquellos interesados en el entendimiento mutuo de la terminología utilizada en la gestión de la calidad;
- e) todos aquellos, que perteneciendo o no a la organización, evalúan o auditan el sistema de gestión de la calidad para determinar su conformidad con los requisitos de la Norma ISO 9001;

- f) todos aquellos, que perteneciendo o no a la organización asesoran o dan formación sobre el sistema de gestión de la calidad adecuado para dicha organización;
- g) aquellos quienes desarrollan normas relacionadas.

El enfoque a través de un sistema de gestión de la calidad anima a las organizaciones a analizar los requisitos del cliente, definir los procesos que contribuyen al logro de productos aceptables para el cliente y a mantener estos procesos bajo control. Un sistema de gestión de la calidad puede proporcionar el marco de referencia para la mejora continua con objeto de incrementar la probabilidad de aumentar la satisfacción del cliente y de otras partes interesadas. Proporciona confianza tanto a la organización como a sus clientes, de su capacidad para proporcionar productos que satisfagan los requisitos de forma coherente.

1.3.1.2 Norma ISO 9001

Esta norma especifica los requisitos para un sistema de gestión de calidad, cuando una organización:

- a) necesita demostrar su capacidad para proporcionar de forma coherente productos que satisfagan los requisitos del cliente y los reglamentos, y
- b) aspira a aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora continua del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente y los reglamentos aplicables.

Todos los requisitos de esta norma son genéricos y se pretende que sean aplicables a todas las organizaciones sin importar su tipo, tamaño y producto suministrado. Cuando uno o varios requisitos de esta norma no se puedan aplicar debido a la naturaleza de la organización y de su producto, pueden considerarse para su exclusión.

A. Requisitos generales

La organización debe establecer, documentar, implementar y mantener un sistema de gestión de la calidad, mejorar continuamente su eficacia de acuerdo con los requisitos generales de esta norma.

La organización debe:

- a) identificar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización.
- b) determinar la secuencia e interacción de estos procesos.
- c) determinar los criterios y métodos necesarios para asegurarse que tanto la operación como el control de estos procesos sean eficaces.
- d) asegurarse de la disponibilidad de recurso e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de estos procesos.
- e) realizar el seguimiento, la medición y el análisis de estos procesos, e
- f) implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de estos procesos.

B. Requisitos de la documentación

Los documentos del sistema de gestión de la calidad deben incluir.

- a) declaraciones documentadas de una política de la calidad y objetivos de la calidad,
- b) un manual de la calidad,
- c) los procedimientos documentados requeridos en esta Normalización Internacional.
- d) los documentos necesitados por la organización para asegurarse de la eficaz planificación, operación y control de sus procesos, y
- e) los registros requeridos por esta Norma Internacional.

1.3.1.3 Norma ISO 9004

Esta norma proporciona directrices que van más allá de los requisitos establecidos en la norma ISO 9001:2000, con el fin de considerar tanto la eficacia como la eficiencia de un sistema de gestión de la calidad y por lo tanto el potencial de mejora del desempeño de la organización. Si se compara la norma ISO 9001, los objetivos relativos a la satisfacción del cliente y a la calidad del producto se extienden para incluir la satisfacción de las partes interesadas y el desempeño de la organización.

Esta norma es aplicable a los procesos de la organización y por lo tanto se pueden difundir en la organización los principios de gestión de la calidad en las que está basada.

El objetivo de esta norma es la consecución de la mejora continua, medida a través de la satisfacción del cliente y de las demás partes interesadas.

Esta norma está constituida por orientaciones y recomendaciones y, no ha sido concebida para su uso, contractual, reglamentaria o en certificación, ni tampoco como una guía para la implementación de la norma ISO 9001.

1.4 Combustible

Se le llama combustible a cualquier cuerpo o sustancia que puede arder, sobre todo si con ello se produce energía, existen diferentes tipos de combustibles, de acuerdo a sus especificaciones, dentro de los cuales se mencionaran algunos.

1.4.1 Tipos de combustible

Se describen los diferentes tipos de combustible que existen para comparar sus especificaciones y su calidad. Dentro de los más importantes se tiene el diesel, el bunker, la gasolina, la orimulsión utilizada en una planta de generación de energía eléctrica en Guatemala y otros.

1.4.1.1 Diesel

Los mejores combustibles diesel son los derivados por simple destilación del petróleo crudo, pero muchos combustibles comerciales contienen una proporción de material catalizador para mejorar el rendimiento. Las propiedades importantes de los combustibles diesel son volatibilidad, valor calorífico, calidad de ignición / número de cetanos, viscosidad, fluidez a baja temperatura, estabilidad de almacenamiento, compatibilidad de componentes, y contenido de sulfuro.

- a) **Volatilidad.** la volatilidad de un combustible diesel tiene poca influencia en la operación del motor, excepto que afecta la tendencia de humo en el escape. El rango de destilación de un combustible diesel no permite mucha flexibilidad en esta consideración porque la interrelación e independencia con otros factores de especificaciones. Como los diesel son considerados como no flamables para propósitos de carga, se imponen restricciones mínimas del punto de inflamación.
- b) **Poder calorífico.** el poder calorífico es la cantidad de energía que un gramo de materia puede desprender mediante una reacción química, por ejemplo, al quemar [carbón](#), en general puede describirse como la energía liberada en una reacción química entre un [combustible](#) y el [comburente](#).
- c) **Calidad de ignición / número de cetano.** este factor influye en el arranque, la duración del humo blanco después del arranque, fluidez después del encendido, y la explosión del diesel en condiciones de reposo. Si la demora en la ignición es reducido, el proceso de combustión empieza más rápido y las emisiones de CO y HC son reducidas. El contenido de cetano de la mezcla que concuerda con el retardo de la ignición, en el análisis del combustible es en número de cetano. El requerimiento del número de cetano, depende de la velocidad de operación del motor, los motores con bajas velocidades de operación, pueden usar un combustible con bajo número de cetano. Motores marinos grandes pueden tolerar combustibles con números de cetano de hasta 20, mientras que los motores de mayores revoluciones pueden llegar hasta 55. El número de cetano puede incrementarse usando nitratos orgánicos, dependiendo del tipo y cantidad de base usada.
- d) **Viscosidad.** la viscosidad influye en la inyección atomizada del combustible en el cilindro. Mínimos límites de viscosidad son impuestos para prevenir que el combustible cause recubrimientos en la bomba de inyección del combustible.

- e) **Fluidez a bajas temperaturas.** a diferencia de las gasolinas, las cuales tienen puntos de congelación bajos hasta en el más severo ambiente de invierno, los diesels tienen puntos pobres y altos entre los rangos de temperaturas a los que son usados.
- f) **Estabilidad de almacenamiento.** en almacenamiento los diesels son atacados por el oxígeno atmosférico, el cual puede causar deposición de barniz. Antioxidantes y dispersantes son añadidos para aminorar este problema, mientras que los desactivadores de cobre metálico reduce el efecto catalítico. En la presencia de agua, la actividad bacteriana puede formar limos en el sistema de almacenamiento, llevando a la obstrucción del filtro. Bactericidas son añadidos para evitar el crecimiento bacteriano. En ambientes fríos, se corre el riesgo de cargas estáticas eléctricas producidas durante la dispensa del combustible destilado. Se añaden aditivos antiestáticos para prevenir explosiones.
- g) **Compatibilidad de Componente.** la contaminación de suciedad y agua debe ser evitada para proteger los componentes del motor. Las especificaciones incluyen límites estrictos en el contenido de agua y sedimentos. Dependiendo de la fuente de crudo, los combustibles diesel contienen varias cantidades de sulfuros, los cuales forman óxidos sulfúricos en la combustión. Estos pueden causar altas tasas de recubrimiento y deterioro de los aditivos de los aceites del motor. Se puede aumentar los intervalos de cambio de aceite para evitar estos contenidos de sulfuro.
- h) **Contenidos de sulfuros.** durante la combustión los componentes de sulfuro se queman para formar subproductos ácidos, como SO_2 , SO_3 , los cuales forman sulfuros en los gases de escapes. Los sulfuros son parte de las emisiones de un motor diesel, por ello si se controla el nivel de sulfuros se reduce el nivel de contaminación.

1. Aditivos en diesel lubricante y absorbedor de agua para combustibles diesel

Muchos de los combustibles bajos en azufre no llenan los requisitos mínimos de la EMA (Engine Manufacturers Association) lubricación estándar de 3200 gramos con tratamiento de estos aditivos puede llegar a tener un valor de lubricación de 4000 gramos. Especialmente recomendado para motores diesel con bomba de combustible rotativa. Elimina las dificultades de encendido, ralenty fuerte, de detenerse, atascamiento de acelerador. El absorbedor de agua remueve el agua y el hielo del combustible previniendo saturación del filtro. Antigél y antihielo; este producto elimina la necesidad de usar mezclas especiales de combustibles para aguas frías. Contiene un polímero que previene y modifica los cristales y evita que se formen gelatinas y la saturación del filtro. También dispersa las moléculas de las gomas y el contiene un absorbedor de agua evitando la formación de hielo en el combustible. Biocida y fungicida para diesel disuelve en el combustible y en el agua proveyendo la eliminación de la bacteria en ambos líquidos, tiene olores bajos y no tiñe el combustible.

1.4.1.2 Bunker

Es un combustible residual de la destilación y craqueo del petróleo. Es un producto viscoso y con ciertos grados de impureza cuyas características generales exigen métodos especializados para su empleo. La viscosidad es una de sus principales características y debe ser tomada en cuenta para su manejo adecuado. Su uso es principalmente industrial en calderas y quemadores como una fuente de producción de energía.

En la tabla I se muestran las especificaciones que tiene el aceite combustible bunker, es importante saberlas ya que es el combustible utilizado en la planta.

Tabla I. Especificaciones del aceite combustible bunker

ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL ACEITE COMBUSTIBLE INDUSTRIAL No. 6 (BUNKER C)			
<u>CARACTERISTICA</u>		<u>VALORES</u>	<u>UNIDADES</u>
CONTENIDO DE AZUFRE TOTAL (NOTA 1)		3,0 Máx.	% masa
RESIDUO DE CARBO CONRADSON		22 Máx.	% volumen
AGUA Y SEDIMENTOS		0,5 Máx.	% volumen
PUNTO DE INFLAMACIÓN (FLASH POINT)		60 Mín.	°C
GRAVEDAD API A 15,56 °C (60 °F)		11,0 Mín.	°API
VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 50 °C		92-636	Cst
PUNTO DE ESCURRIMIENTO	24	Máx.	°C
CONTENIDO TOTAL DE CENIZAS		0,5 Máx.	% masa
ASFALTENOS		REPORTAR	% masa
<u>METALES CONTAMINANTES</u>			
SODIO		REPORTAR	mg / kg
VANADIO		300 Máx.	mg / kg
ALUMINIO		REPORTAR	mg / kg

Fuente: Especificaciones del Diesel de Refinería TEXACO

1.4.1.3 Gasolina

La gasolina es una mezcla de hidrocarburos líquidos comprendidos entre límites especificados. Como consecuencia existen buenas y malas gasolinas, si bien su potencia calorífica varía solo ligeramente, la diferencia de calidades puede ser debida a una propiedad determinada.

La volatilidad se refiere al porcentaje en volumen de combustible que se vaporiza a una temperatura dada. Debido a que la gasolina es una mezcla de hidrocarburos, sus varios componentes hierven a diferentes temperaturas, a diferencia del agua y alcohol (sustancias puras) las cuales se vaporizan completamente a una temperatura determinada.

El número o índice de octano es un índice de la capacidad de una gasolina para soportar una presión y temperatura elevadas sin explotar espontáneamente, detonar.

Cuando ocurre una detonación se produce una onda de choque en el interior de la cámara de combustión, la cual se refleja y da origen a un sonido audible.

En muchas ocasiones es causa de pérdida de potencia y de posibles averías en las piezas del motor, o bien del recalentamiento de este. Para estudiar y comparar las gasolinas se utiliza un motor monocilíndrico patrón, en el cual todas las variables como velocidad, temperatura y riqueza de la mezcla se mantienen constantes mientras ensayan diferentes combustibles.

1.4.1.4 Orimulsión

Es un combustible fósil no convencional altamente energético no explosivo que resulta de combinar 70% de bitumen, hidrocarburo pesado, y 30% de agua con una mezcla especial de surfactantes. La orimulsión es una emulsión estable de bitumen en agua, lo cual en términos sencillos podría decirse que es la suspensión de partículas infinitesimalmente pequeñas de bitumen en agua.

La eficiencia de la combustión de la orimulsión esta cerca del 99.99%, indiferente del hecho de que se trate de un hidrocarburo extra pesado. La razón de ésta buena combustibilidad es debido al tamaño de las gotas del hidrocarburo y a la presencia del agua, la cual actúa como un agente de encendido efectivo. La pérdida de calor del agua es cerca del 2.2% para una emulsión con un 27% de agua.

Dentro de las ventajas ambientales de la orimulsión se tienen:

- a) menores emisiones de azufre y alto valor calórico.
- b) menores emisiones de óxido de nitrógeno.
- c) las plantas generadoras de electricidad que emplean orimulsión producen un 20% de dióxido de carbono que las plantas que utilizan otros combustibles.
- d) las emisiones de partículas de ceniza son de 0.2 a 0.3% menores que los del carbón.
- e) prevención de los residuos de acidez.

1.4.1.5Otros

Existen otros tipos de combustibles como por ejemplo el keroseno, pero que para generación de energía no se utilizan debido a la mala combustión que estos realizan.

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA

Es muy importante conocer la situación actual en la que se encuentra la planta, para saber todo con respecto a la ubicación de sus áreas, sus instalaciones, la capacidad instalada que se tiene, el tipo de mantenimiento que se tiene en la planta y sobre todo las materias primas utilizadas para la operación de la planta. También es muy importante conocer cuales son los problemas que se tienen en la planta para analizar algún tipo de implementación que se pueda hacer en la misma.

2.1 Descripción de la planta

La planta de generación de energía eléctrica cuenta con áreas donde se encuentra la maquinaria y equipo de carácter complejo, así como la importancia que tienen las materias primas que son necesarias para la producción. Los motores que se utilizan para generar energía es una importante descripción que se debe de tomar en cuenta y lo más importante el mantenimiento que se aplica específicamente en el área de separadoras de combustible.

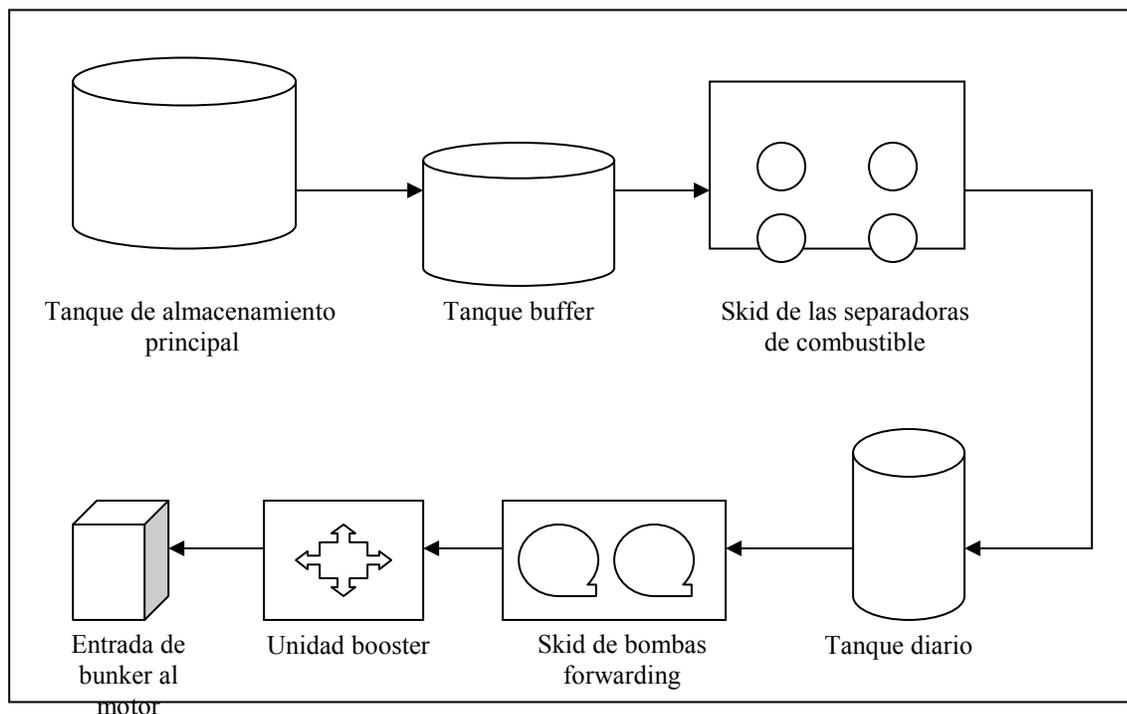
2.1.1 Tipo de instalación

La planta de generación de energía eléctrica cuenta con distintas áreas, dentro de las cuales tenemos:

- a) área de oficinas,
- b) taller mecánico y eléctrico,
- c) motores,

- d) bodega de repuestos,
- e) caldera diesel auxiliar,
- f) tratamiento de agua,
- g) tratamiento de combustible.

Figura 2. Diagrama de recorrido del sistema de combustible, bunker



Fuente: Propuesta de diagrama de recorrido del sistema de combustible

Todas estas áreas son de un solo nivel y de segunda categoría, solamente el área de motores cuenta con dos niveles en el cual en el primer nivel están los motores y la parte del segundo nivel cuenta con el cuarto de control en donde se observa la operación de la planta de manera electrónica. Todas estas áreas cuentan con techo de dos aguas y sus paredes especiales antirruido.

Dentro de las áreas de la planta, también se encuentran áreas al aire libre como el área de parqueo, tuberías de gases de escape, descarga de líquidos, subestación eléctrica, tanques de almacenamiento de líquidos y calderas de recuperación.

Figura 3. Casa de tratamiento de combustible



Fuente: Fotografía de casa de tratamiento de combustible

2.1.2 Materias primas utilizadas

Dentro de las materias primas utilizadas en la planta para la generación de energía eléctrica se tiene el combustible, aceite, agua y el aire, de las cuales se realizara una descripción en el siguiente apartado.

2.1.2.1 Combustible

El combustible que se utiliza en la planta de generación de energía es el aceite combustible industrial bunker. Además de este combustible estos motores funcionan con diesel, orimulsión y gas natural. Dentro de las características del combustible se tienen:

- a) un alto contenido de **azufre** aumenta el riesgo de desgaste por corrosión, en particular a bajas cargas, y puede contribuir a la formación de depósitos a altas temperaturas.

- b) el **carbón Conradson** alto puede ocasionar la formación de depósitos en la cámara de combustión y en el sistema de exhaustación, en particular a bajas cargas. El límite máximo es de 22% en peso del combustible.

- c) la **viscosidad** no es una referencia de la calidad del combustible, pero define la complejidad del sistema de calentamiento, porque a mayor temperatura menor viscosidad. La viscosidad máxima es de 55 centistokes.

- d) cuando la **densidad** del combustible es demasiado alta, el agua en particular y en algunos casos las materias sólidas, no pueden ser eliminadas con seguridad por medio de las unidades separadoras centrifugas. El límite máximo es de 0.991 gr / ml a 15°C.

- e) el bunker puede traer **agua** en proporciones considerable hasta del 1%. Éste deberá ser del 0.3% en peso del combustible.

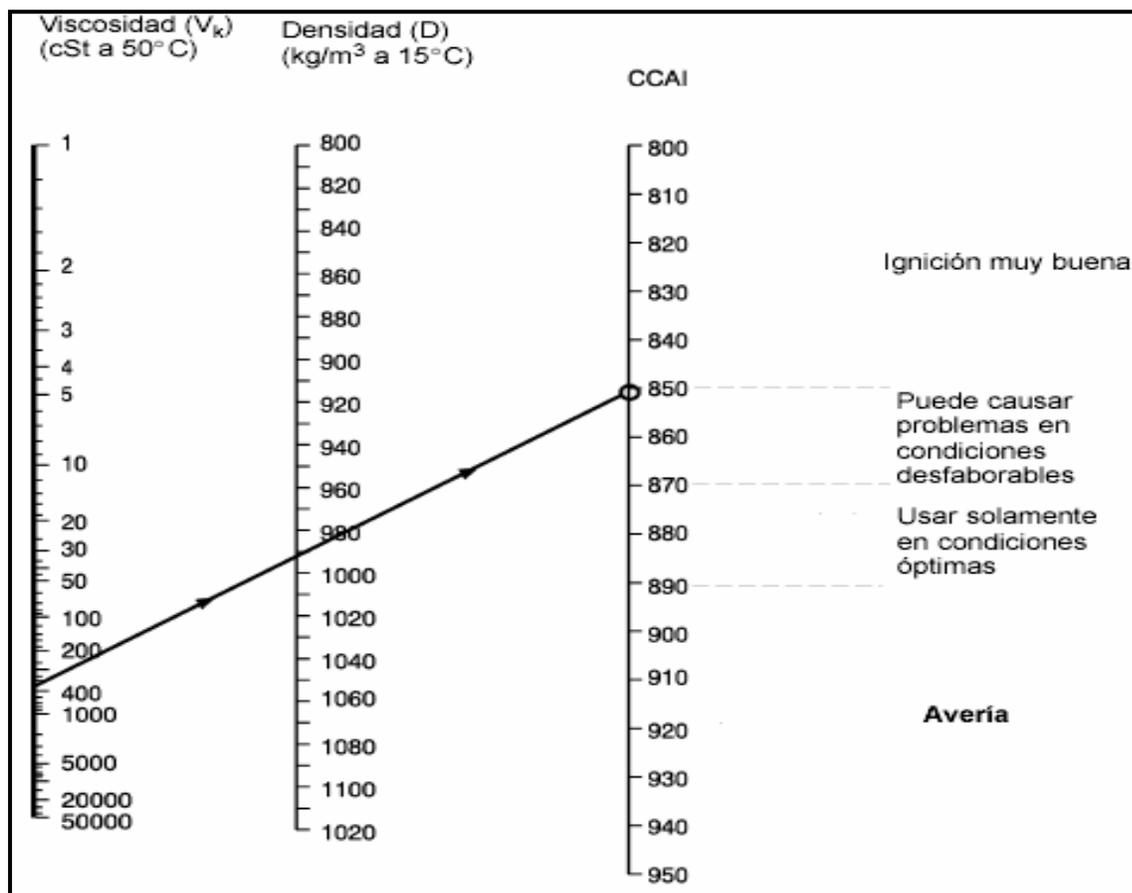
- f) un alto contenido en asfáltenos puede contribuir a la formación de depósitos en la cámara de combustión y en el sistema de exhaustación. El límite máximo es de 14% en peso del combustible.

- g) un alto contenido de **cenizas** ocasiona desgastes abrasivos y corrosión a altas temperaturas. El vanadio y el sodio son componentes de estas cenizas. El vanadio ocasiona corrosión en caliente, o sea altas temperaturas, más aun si hay altos contenidos de sodio. La peor combinación de éstos es cuando el contenido de sodio es del 25% al 40% del contenido de vanadio.

- h) si es baja la **calidad de encendido** puede ocasionar problemas en el arranque; se mide por medio de dos índices: Índice Shell de Aromaticidad (CCAI), este índice genera un valor obtenido de la viscosidad y densidad del combustible, este valor significa la calidad de encendido para determinado combustible. Un aumento del valor CCAI es indicativo de un descenso en la calidad de encendido, el CCAI tendría que estar entre 770 – 840 para obtener una buena calidad de ignición. Observar la figura 4 para analizar la tabla del valor CCAI.

- i) el **grado API** del combustible esta aplicado a todos los combustibles excepto el gas licuado. Con este se determina el volumen en función de su densidad, la medición se efectúa cuando el combustible llega al área de descarga y con un hidrómetro se procede a medir la densidad. La temperatura correcta del combustible debe de ser 60 ° C, el resultado se introduce en la formula: $API = (147.5/\rho) + 137.5$, donde ρ es la densidad a 60 ° C, para que el combustible no sea rechazado el API tiene que ser mayor o igual a 11.2.

Figura 4. Nomograma para obtener el valor CCAI



Fuente: Manual del sistema de combustible de los motores Wartsila

2.1.2.2. Aceite

Un aceite lubricante es un cuerpo susceptible de reducir el rozamiento cuando se interpone entre dos superficies con movimiento relativo.

Dentro de las funciones que tiene el aceite lubricante están:

- a) Reducir el desgaste.
- b) Facilitar el movimiento.
- c) Reducir el consumo de energía.
- d) Refrigerar los componentes.
- e) Transmitir potencia.
- f) Proteger contra la corrosión.
- g) Mejorar la estanqueidad.
- h) Transmitir el calor.
- i) Aislar.

Para efectos de la planta se debe de tomar en cuenta que la viscosidad del aceite en el sistema tiene que ser de clase SAE 40. Dentro de los aceites utilizados en la planta se tienen el TARO 50 XL 40 de Texaco, el DELO 3550 Marine SAE 40 de Caltex, entre otros.

2.1.2.3. Agua

El agua manejada en la planta se utiliza para enfriamiento, lavado y para generar vapor en las calderas.

Es indispensable que el agua antes de ser tratada tiene que estar limpia y tener una dureza lo más baja posible (máx. 10°dH), así como un contenido de cloruro inferior a 80 mg/l y un valor ph superior a 7. Se debe utilizar aditivos ya que el agua destilada sin aditivos absorbe dióxido de carbono del aire, lo que incrementa la corrosión.

El agua evaporada deberá compensarse mediante agua no tratada, si se utilizase agua tratada, el contenido de aditivos podría llegar a ser excesivamente alto. Para compensar las fugas u otras pérdidas se deberá añadir agua tratada.

Para el lavado de equipos y el uso en calderas, se tiene que estar chequeando la conductividad, dureza y alcalinidad del agua, en las calderas es común que se agreguen aditivos químicos para reducir los depósitos dentro de ellas.

2.1.2.4. Aire

El aire atmosférico es importante para realizar la combustión en el motor, por esto su calidad es muy importante ya que un aire muy contaminado puede provocar una mala combustión o taponamiento de filtros de aire. Dentro de las condiciones que se tienen para el aire están:

- a) Humedad relativa del aire – 30%
- b) Presión atmosférica – 100 kPa (1.0 bar)
- c) Temperatura ambiente – 298 K (25 °C)

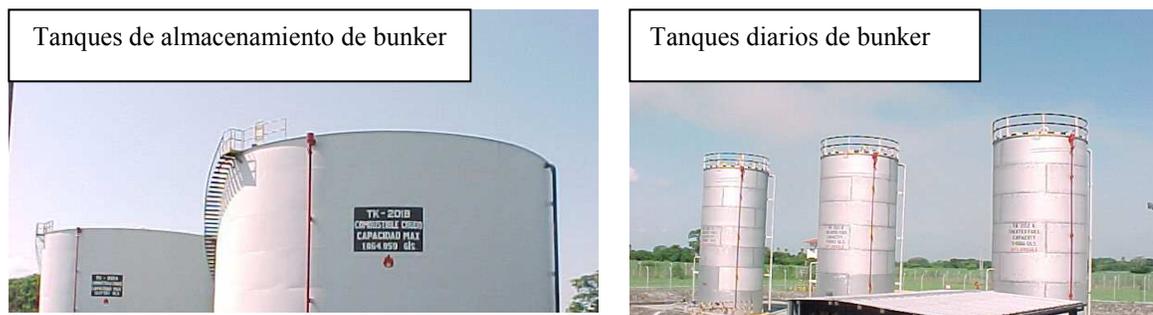
2.1.3 Capacidad instalada

La planta cuenta con cinco motores de combustión interna de los cuales cuatro (18V46) generan 15.6 MW y uno (6L46) genera 5.1 MW, que en total suman 67.5 MW de potencia en la planta.

Para que la planta pueda almacenar el combustible de manera adecuada se cuenta con área de tanques de almacenamiento que están distribuidos de la siguiente manera:

1. **Tanque de almacenamiento principal de bunker.** sirve para almacenar el bunker que viene de los camiones cisterna, este combustible viene sin ningún tipo de tratamiento.
2. **Tanque buffer de bunker.** la importancia que tiene este tanque es almacenar el bunker antes de ser tratado en la unidad de las separadoras de combustible.
3. **Tanque diario de bunker.** luego de ser tratado el combustible, se almacena en el tanque diario en el cual se tiene el combustible tratado listo para la combustión en los motores de combustión interna.

Figura 5. Tanques de almacenamiento y diarios de bunker



Fuente: Fotografía de tanques de almacenamiento y diarios de bunker de Planta

4. **Tanque diario de diesel.** debido a que el diesel se consume menos que el bunker, los camiones cisterna descargan el diesel directamente en el tanque diario. La capacidad es la misma que el tanque diario de bunker.

Aparte de tener tanques de almacenamiento de combustible, también se tienen tanques de almacenamiento de aceite, de desechos del combustible y de químicos, los cuales son:

1. **Tanque de aceite nuevo.** se almacena el aceite nuevo descargado directamente de los camiones, este aceite se utiliza para la lubricación de todo el proceso donde sea necesaria. El tipo de viscosidad que utilizan los motores de combustión interna es SAE 40.
2. **Tanque de aceite usado.** en este tanque se almacena el aceite que ya no cumple con los requerimientos para la operación de la planta para luego descargarlo en camiones que se encargan del desalojo de este aceite. La capacidad es la misma que el de aceite nuevo.
3. **Tanque de asentamiento.** se almacenan los desechos que provienen de las separadoras de aceite y de combustible.
4. **Tanque de almacenamiento de lodos.** en este tanque se almacenan los lodos del tanque de asentamiento para luego descargarlo a los camiones que se encargan de retirar los lodos de la planta.
5. **Tanque para mantenimiento.** en este tanque se almacena el aceite del motor cuando se realiza algún mantenimiento. Este aceite cumple todavía con las especificaciones requeridas, lo que indica que el aceite es todavía útil para el funcionamiento del motor.

6. **Fosa de desechos químicos.** en este tanque se almacenan todos los desechos químicos que surgen de la limpieza de los motores.

El almacenamiento del agua también tiene su importancia por lo que se distribuye de la siguiente manera:

1. **Tanque de agua cruda.** se utiliza para almacenar el agua antes de ser tratada, también se utiliza para seguridad de la planta, ya que se utiliza en caso de algún incendio. La capacidad de este tanque es de 129,000 galones.
2. **Tanque de agua desmineralizada.** se almacena el agua que fue tratada para el uso de la planta. El tratamiento del agua se realiza por medio de dos unidades que realizan el proceso de osmosis inversa y filtro ultravioleta, este último consiste en matar bacterias, virus, algas, etc., al agua por medio de rayos ultravioleta sin causar ninguna alteración físico-química al agua . La capacidad de este tanque es de 3,960 galones.
3. **Tanque de agua de servicio.** en este tanque se almacena el agua con tratamiento y lista para ser utilizada en los equipos de la planta. La capacidad de este tanque es de 3,960 galones.

Para realizar el calentamiento en ciertos equipos se utiliza el vapor el cual se genera por medio de dos calderas ubicadas en los motores 2 y 3 de la planta, estas caldera son de tipo pirotubular con una capacidad de 2.67 toneladas / horas, ubicadas en la tubería de gases de escape, además de una caldera auxiliar que funciona con diesel.

2.2 Motores utilizados para la generación

Existen varios tipos de motores de combustión interna, pero los que se utilizan en la planta de generación de energía eléctrica son 4 motores 18V46, lo que quiere decir que cada motor de estos tiene 18 válvulas en posición V, con un diámetro de pistón de 460 mm. En la tabla II se muestran los datos técnicos de este motor el cual consta de dos bancos, banco A y banco B. Lo que significa que si se quiere hacer mención de algún pistón en la planta, por ejemplo, el pistón A5, se refiere al pistón 5 del banco A o B8, se refiere al pistón 8 del banco B.

Tabla II. Datos técnicos del motor 18V46

NOMBRE	ESPECIFICACION DEL MOTOR
Tipo de motor	18V46
Marca	WÄRTSILÄ
Numero de cilindros	18 cilindros
Configuración	V
Eje de levas	2
Tiempos	4
Cilindrada por cilindro	96.4 litros
Carrera (tamaño de la biela)	580 mm.
Diámetro de cilindro	460 mm.
Orden de encendido en sentido horario	A1-B8-A7-B6-A4-B3-A2-B9-A8-B5-A6-B1-A3-B7-A9-B4-A5-B2

Fuente: Manual de los motores Wartsila

El quinto motor de la planta es un motor 6L46, el cual a diferencia del anterior, contiene únicamente 6 cilindros en posición en L, un eje de levas y su orden de encendido en sentido horario es 1-5-3-6-2-4. Debido a que solo contiene un banco no se hace diferencia de banco A y B.

Para hablar del diseño general de motor se tiene que hacer mención de cada una de sus partes, de las cuales las más importantes son:

- a) **El motor** es un motor diesel de 4 tiempos, sobrealimentado con dos turbocompresores por cada motor 18V46 y un turbocompresor el motor 6L46; con refrigeración del aire de carga e inyección directa del combustible.
- b) **El bloque del motor** se funde en una sola pieza. Los cojinetes principales están suspendidos. Las tapas del cojinete principal están soportadas por dos tornillos apretados hidráulicamente y dos tornillos laterales. El colector de agua de refrigeración está integrado en el bloque del motor. Las tapas del cárter, hechas de metal ligero, cierran herméticamente contra el bloque del motor por medio de juntas de goma.
- c) **Las camisas de los cilindros** están diseñadas con una corona alta y orificios para refrigeración. La acción refrigerante se optimiza para obtener la temperatura correcta en la superficie interior de la camisa.
- d) **Los cojinetes principales** son del tipo trimetálico, y pueden desmontarse bajando la tapa del cojinete. Cada cojinete va provisto de un gato hidráulico que facilita el montaje y desmontaje de los mismos.
- e) **El cigüeñal** esta forjado de una sola pieza y equilibrado mediante contrapesos.
- f) **Las bielas** están forjadas por estampación. Son del tipo marino en tres piezas, lo que las diferencia es que estas bielas requieren de un aceite más denso o incluso grasa para su lubricación y están protegidas con casquillo de acero y un baño de teflón para evitar fricciones.

- g) **Las ranuras** para los aros superiores del pistón están templadas.
- h) **El conjunto del aro del pistón** consiste en dos aros cromados de compresión y un aro rascador de lubricación con resorte incorporado también cromado.
- i) **Las culatas** son de acero fundido especial, y se fijan mediante cuatro tornillos apretado hidráulicamente. El diseño de la culata es de doble pared y el agua de refrigeración se conduce desde la periferia hacia el centro, proporcionando una refrigeración eficaz en todas las zonas importantes.
- j) **Válvulas de admisión** están recubiertas de estellite y tienen los vástagos cromados. Los aros del asiento de las válvulas son recambiables, y están fabricados en una aleación de hierro fundido.
- k) **Las válvulas de escape** se sellan contra los aros del asiento de la válvula que se refrigera directamente. Las válvulas están fabricadas de Nimonic, este material esta formado a base de níquel, para evitar la tensión y el calentamiento excesivo por las altas temperaturas del motor.
- l) **El árbol de levas** está formado por piezas, que integran las levas para cada cilindro. Los apoyos son piezas separadas y por lo tanto es posible extraer una leva del árbol.
- m) **Las bombas de inyección** tienen rodillos de accionamiento independientes y pueden cambiarse ajustando la medida de la base con el tornillo de fijación. Las bombas y tuberías están situadas en un espacio cerrado denominado “caja caliente”, aislado térmicamente para funcionamiento con combustible pesado.
- n) **El enfriador de aire de carga** está equipado con elementos insertables recambiables.
- o) **El sistema interno de aceite lubricante** está provisto de un cárter seco soldado, conexiones del sistema de aceite y un filtro centrífugo.

p) **Sistema de aire de arranque:** el suministra aire a los cilindros está controlado mediante un distribuidor de aire de arranque, accionado a su vez por el árbol de levas.

2.3. Diagrama de operaciones del proceso

La descripción del diagrama de operaciones comienza cuando llega el camión a la zona de descarga, el descargador lo recibe, se inspecciona la papelería y los marchamos para verificar la calidad del combustible. Si cumple con los requisitos se acepta y se procede a descargar el combustible en el tanque de almacenamiento realizando previamente una medición con cinta en el tanque para verificar en cuanto estaba el nivel antes de la descarga. Al finalizar la descarga se mide de nuevo el tanque para verificar el nivel y cuanto fue lo descargado en el tanque. Por medio de bombas de transferencia de desplazamiento positivo se lleva el combustible hacia el tanque buffer, luego el combustible es trasladado hacia las separadoras de combustible por gravedad, donde se realiza la limpieza del combustible para luego ser almacenado en el tanque diario de combustible.

El combustible listo para la combustión es llevado hacia la unidad Booster por medio de bombas de transferencia, en este momento se enciende la unidad Booster y los compresores de aire de arranque que alimentan los cilindros presurizados a 30 bar de presión como máximo.

La presión mínima para que un motor arranque es de 18 bar, después se enciende una bomba que tiene incorporado un calentador a base de vapor, ya que la temperatura requerida para que un motor arranque es de 51°C, posteriormente se enciende la bomba de prelubricación la cual mantiene al motor lubricado.

Se enciende la unidad de tratamiento de aceite para luego abrir las válvulas de ventilación del motor donde se inspecciona si dentro del motor existe agua al abrir la válvula. El motor es girado por medio de un motor que esta acoplado al volante, los pistones realizan su trabajo, y por medio de las válvulas de venteo se observa si sale agua del motor, este proceso dura 10 minutos, luego se cierran las válvulas de venteo y se da la orden de encendido.

Cuando el motor alcanza aproximadamente las 514 rpm el generador está listo para sincronizarse con la línea de distribución de energía eléctrica. Para observar el diagrama de operaciones del proceso observar figura 6.

Figura 6. Diagrama de operaciones del proceso

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO			
Descripción:	Proceso general de operaciones	Fecha:	07/12/2004
Método:	Actual	Inicia:	Área de descarga
Motor:	3	Finaliza:	Distribución de Energía
Elaborado:	Eddy Girón	No. hoja:	1/5

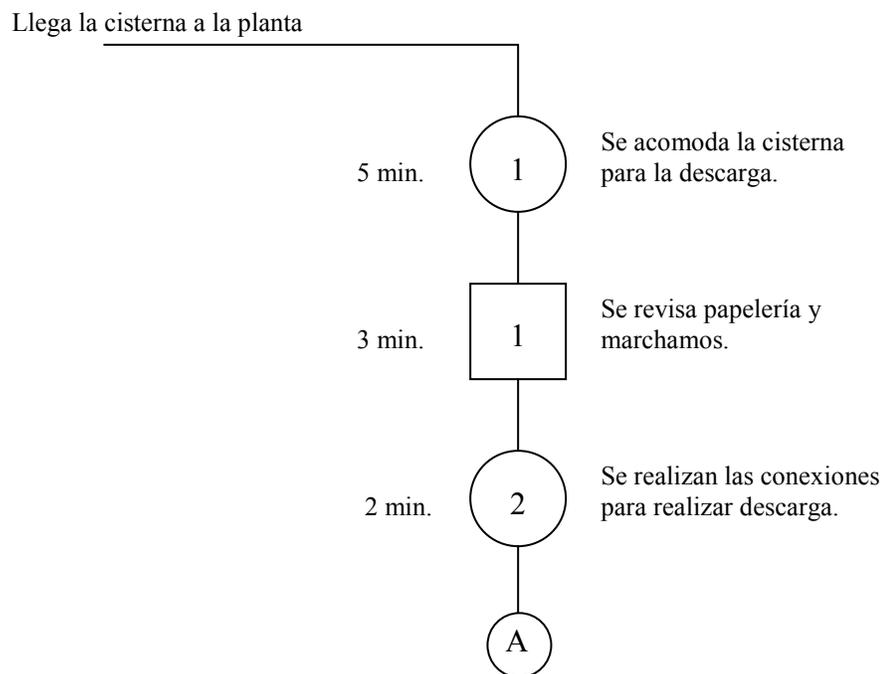


DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

Descripción: Proceso general de operaciones
Método: Actual
Motor: 3
Elaborado: Eddy Girón

Fecha: 07/12/2004
Inicia: Área de descarga
Finaliza: Distribución de Energía
No. hoja: 2/5

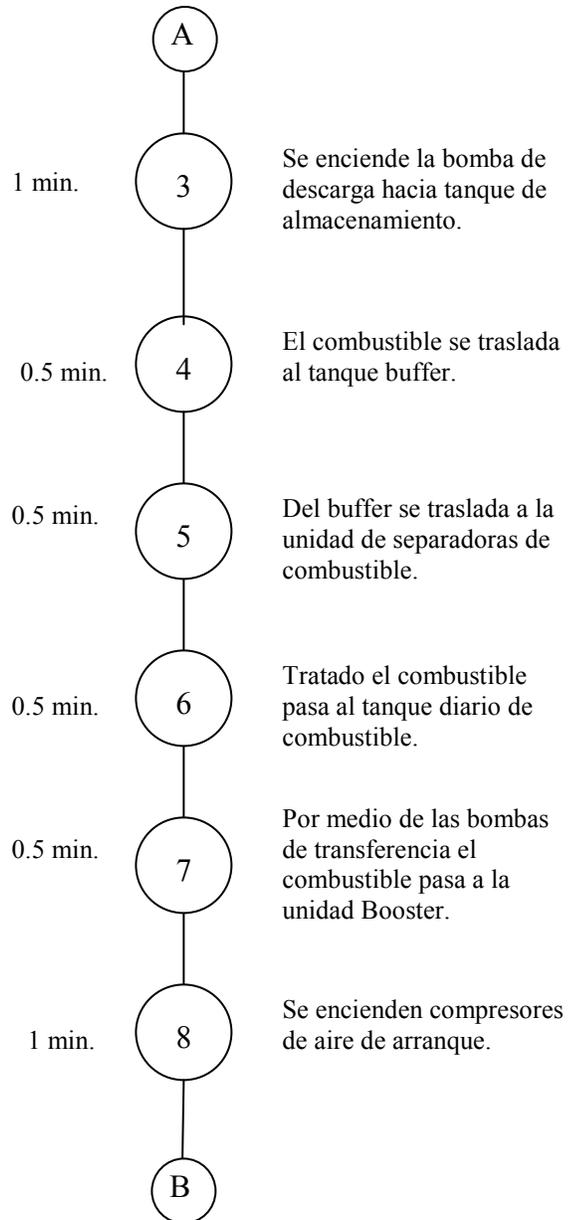


DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

Descripción:	Proceso general de operaciones del motor	Fecha:	07/12/2004
Método:	Actual	Inicia:	Área de descarga
Motor:	3	Finaliza:	Distribución de Energía
Elaborado:	Eddy Girón	No. hoja:	3/5

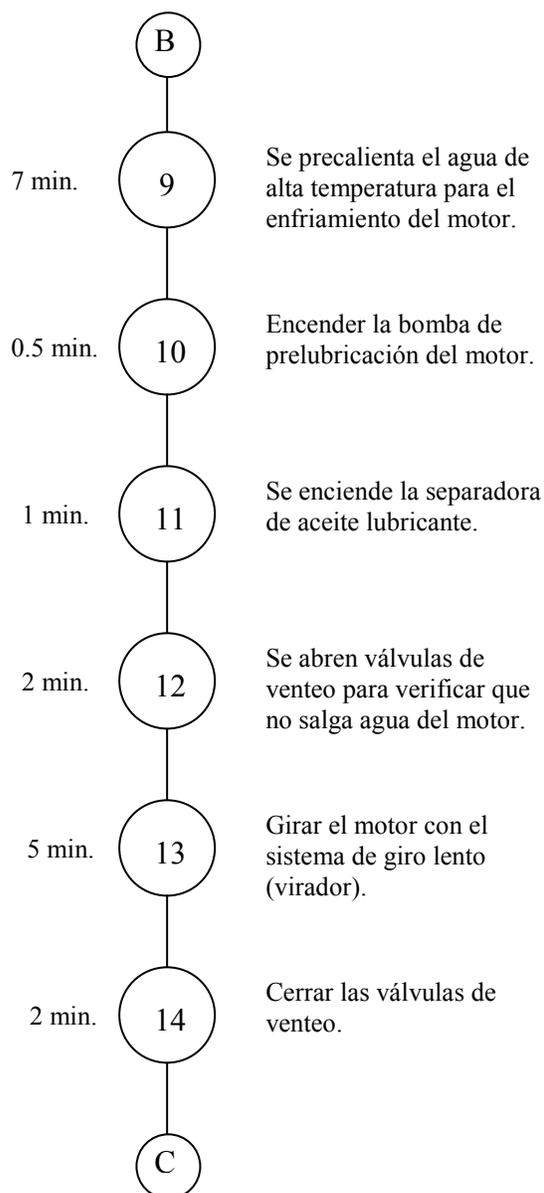


DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

Descripción:	Proceso general de operaciones del motor	Fecha:	07/12/2004
Método:	Actual	Inicia:	Área de descarga
Motor:	3	Finaliza:	Distribución de Energía
Elaborado:	Eddy Girón	No. hoja:	4/5

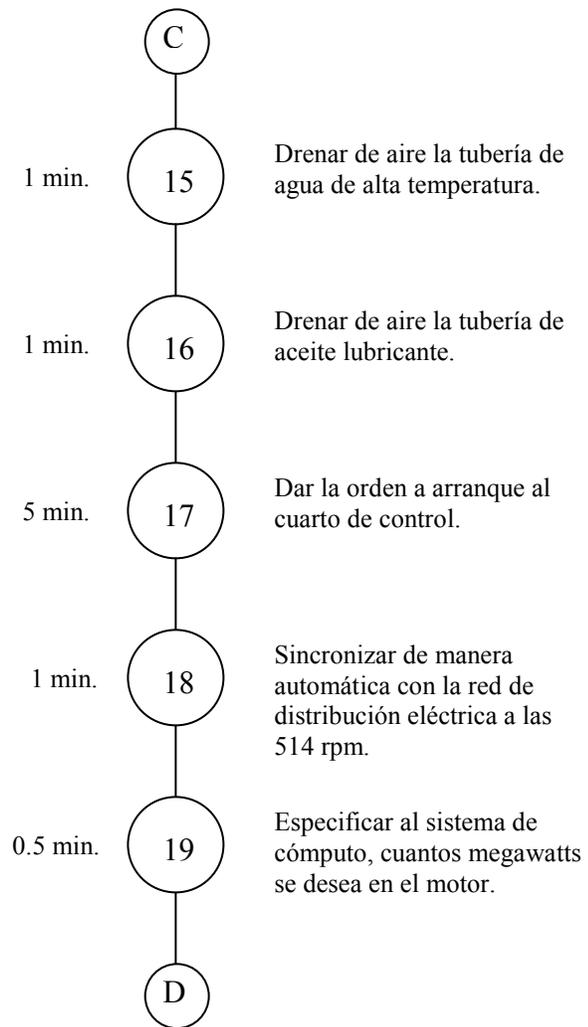


DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

Descripción:	Proceso general de operaciones del motor	Fecha:	07/12/2004
Método:	Actual	Inicia:	Área de descarga
Motor:	3	Finaliza:	Distribución de Energía
Elaborado:	Eddy Girón	No. hoja:	5/5

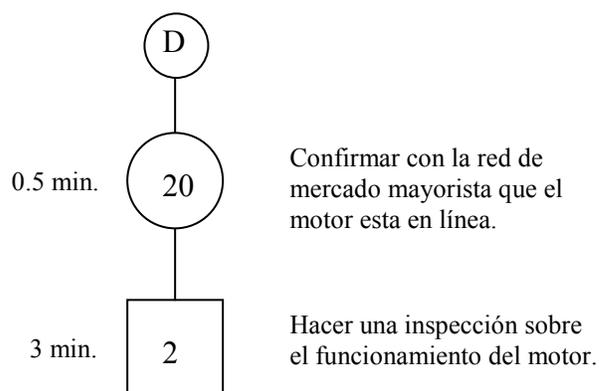


Tabla III. Resumen del diagrama de operaciones

RESUMEN

ACTIVIDAD	SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO
Operaciones	○	20	37.5 min.
Inspecciones	□	2	6 min.
TOTAL		22	43.5 min.

2.4 Departamento de mantenimiento

El departamento de mantenimiento es algo muy importante en la planta ya que es el encargado de que los diferentes equipos que se utilizan para la operación estén en el mejor estado posible y para ello es necesario algún tipo de programa.

Uno de los inconvenientes es que la planta cuenta con muy poco personal para cumplir con puntualidad todo el mantenimiento que se tiene programado por el gerente para los equipos de la planta.

El departamento de mantenimiento se divide en dos:

1. **Mantenimiento eléctrico.** el cual se encarga tanto de los problemas eléctricos que se puedan dar en la planta como los problemas de instrumentación, como por ejemplo, sensores dañados, termómetros en mal estado, algún mal contacto, etc.
2. **Mantenimiento mecánico.** el cual se encarga de realizar el mantenimiento mecánico de la planta, como por ejemplo, cojinetes en mal estado, filtros sucios, empaques rotos, fugas, etc.

2.4.1 Descripción de puestos

Otro de los inconvenientes que se maneja en la planta es que no existe una documentación en la cual se describa el perfil del puesto de cada uno de los trabajadores.

El departamento de mantenimiento de la planta cuenta con personal técnico en la rama mecánica, eléctrica y de soldadura principalmente y se divide en:

- a) **Jefe de mantenimiento:** es el responsable de planificar, organizar, dirigir, controlar y ejecutar los mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos de todo el equipo instalado en la planta.

- b) **Supervisor de mecánicos:** es el responsable de supervisar y coordinar físicamente la ejecución de todos los tipos de mantenimientos aplicados en la planta.

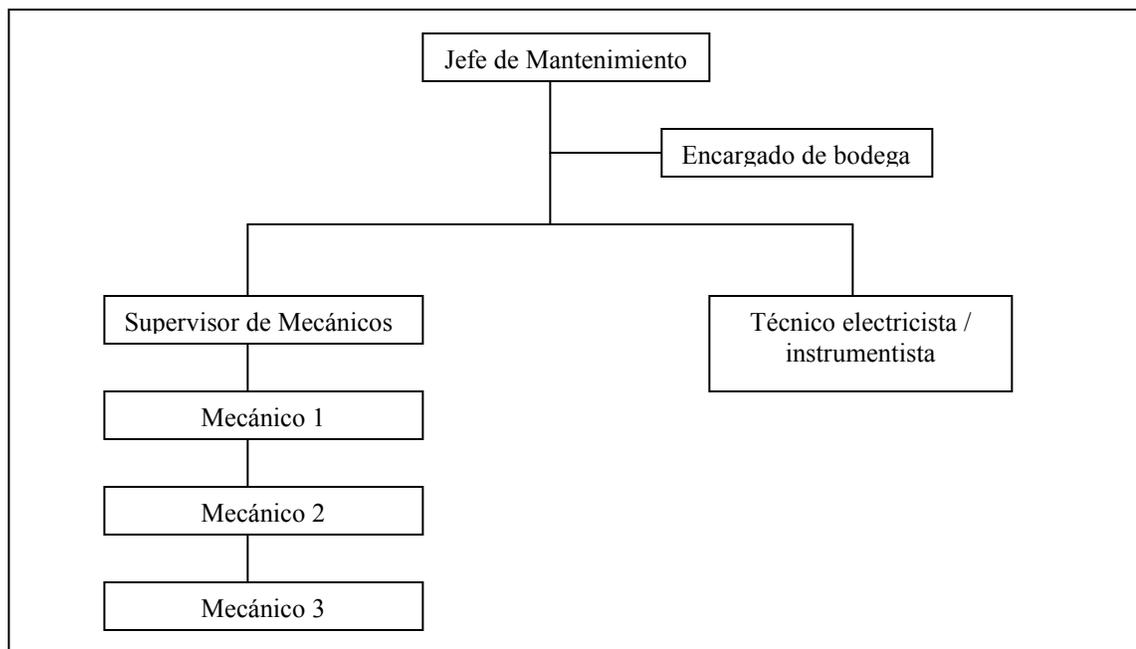
- c) **Técnico electricista / instrumentista:** es el responsable de la programación, calibración y mantenimiento del equipo eléctrico, de instrumentación y control, neumáticos/hidráulicos/electrónicos de todos los equipos instalados en la planta.

- d) **Mecánico 1:** debe de ser el encargado del grupo en ausencia del encargado y del supervisor de mantenimiento. El mecánico 1 tiene la experiencia y la capacidad necesaria para realizar cualquier trabajo en la planta que le asignen. Por otro lado se encarga de adiestrar al mecánico 2 para que este tenga mayor conocimiento de los trabajos más complejos de mantenimiento.

- e) **Mecánico 2:** al igual que el mecánico 1 realiza trabajos de mantenimiento no tan complejos, asignados por el encargado o supervisor, tiene menor experiencia que el mecánico 1. Por otro lado se encarga de adiestrar al mecánico 3 para que este tenga un mejor conocimiento de los trabajos de mantenimiento regulares.

- f) **Mecánico 3:** al igual que el mecánico 2 realiza trabajos de mantenimiento pero básicos, asignados por el encargado o supervisor, tiene menor experiencia que el mecánico 2. Por lo regular este mecánico se encuentra en una etapa de preparación continua en la cual el mecánico 1 y 2 se encargan de enseñarle los conocimientos y el manejo de herramienta y equipo que ellos tienen.

Figura 7. Organigrama del departamento de mantenimiento



Fuente: Propuesta de organigrama del departamento de mantenimiento

Dentro de la descripción de puestos que se dio se tiene el siguiente inconveniente de mayor importancia:

- Dentro del área mecánica no existen mecánicos 3 en la planta, lo cual indica que el personal que se tiene es muy reducido para este tipo de plantas.

2.4.2 Descripción de las separadoras de combustible

La casa de separadoras de la planta como comúnmente se conoce consta de cuatro separadoras bunker y una separadora de orimulsión que actualmente no esta trabajando. Nos enfocaremos en las separadoras de combustible bunker ya que es el combustible que utilizan los motores.

Básicamente, la separadora centrífuga de combustible bunker funciona como una clarificadora. El combustible limpio sale de la separadora por la salida de combustible, mientras que el agua y los lodos separados se acumulan en la periferia del rotor de la separadora. Los lodos y el agua se descargan a intervalos de tiempo previamente ajustados.

Para hablar del diseño y funcionamiento de la separadora se debe segmentar en tres partes:

1. **Resumen.** la separadora consta de una parte de proceso y una parte de accionamiento y es accionada mediante un motor eléctrico (9). Mecánicamente, el bastidor de la separadora consta de una parte inferior, una parte superior y la tapa. El motor está sujeto al bastidor como se muestra en la figura 7. Los apoyos del bastidor (6) están amortiguados contra las vibraciones. La parte inferior de la separadora consta del dispositivo de accionamiento horizontal (4), el eje de accionamiento con acoplamientos (7,8), un engranaje del tronillos sinfín (5) y un eje vertical (3). La parte inferior consta también de un baño de aceite para el engranaje del tornillo sinfín, un freno y un cuentarrevoluciones. La parte superior del bastidor y la tapa del mismo comprenden las piezas de proceso de la separadora, las salidas y el sistema de tuberías (1).

El líquido se limpia en el rotor de la separadora (2), acoplado en la parte superior del eje vertical, y gira a una alta velocidad en el espacio formado por la parte superior del bastidor y la tapa de éste. El rotor contiene también el mecanismo de descarga, que vacía los lodos del rotor. Ver figura 8.

2. **Transmisión mecánica.** el acoplamiento de fricción garantiza un arranque y una aceleración suaves e impide a la vez una sobrecarga del engranaje del tornillo sinfín y del motor. El engranaje del tornillo sinfín tiene una relación que aumenta la velocidad del rotor varias veces en relación con la velocidad del motor. El engranaje del tornillo sinfín funciona en un baño de aceite lubricante. Los rodamientos del eje y el eje del engranaje del tornillo sinfín se lubrican con aceite rociado pulverizado por la rueda helicoidal al girar.

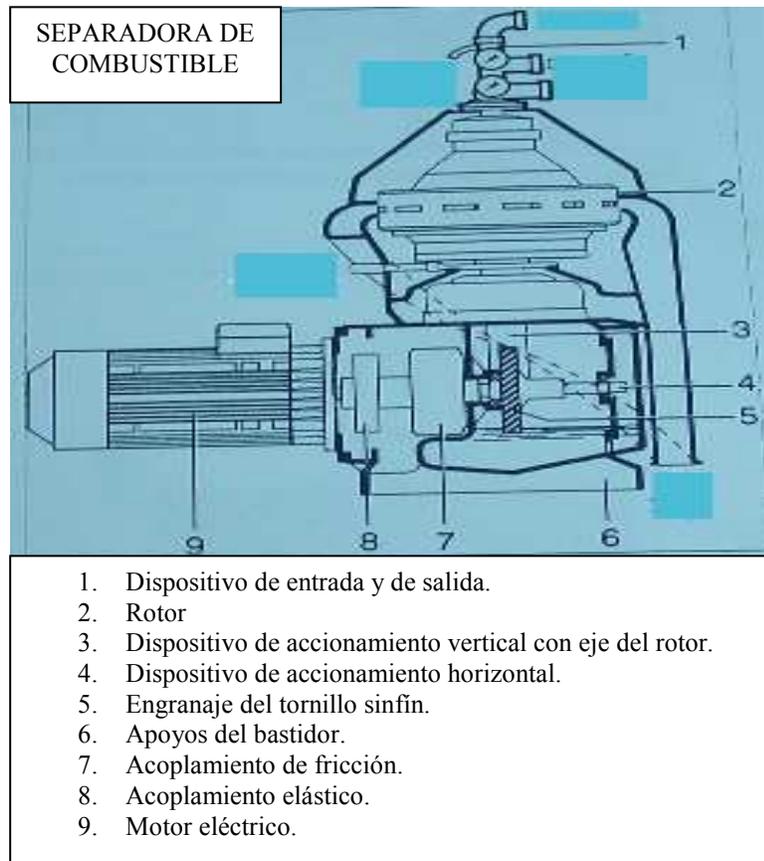
La separadora lleva un freno que se utiliza para pararla. El uso del freno reduce el tiempo de deceleración del rotor, sobrepasándose así rápidamente las velocidades críticas.

3. **Sensores e indicadores.** Dentro de los sensores e indicadores que poseen las separadoras de bunker se tiene:

a) El medidor de contrapresión. El incremento de la presión en la salida de combustible limpio puede ser debido a una restricción de la tubería de salida, un incremento del caudal o un incremento de la viscosidad, disminuyendo la temperatura de separación.

b) Manómetro indicador de la presión. Durante una operación normal, el manómetro indicador situado en la salida del agua indicará si se produce una presión de menos de 1 bar. Si la presión aumenta o sobrepasa 1 bar, será indicación de unas condiciones de funcionamiento anormales de la separación causada por un aumento de la contrapresión en la salida del combustible limpio o un paquete de discos obstruido.

Figura 8. Partes de la separadora de combustible.



Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

- c) Cuentarrevoluciones. La velocidad de la separación se indica mediante un cuentarrevoluciones, accionado desde el eje de la rueda helicoidal. Se necesita obtener la velocidad correcta que es de 1800 rev/min., para conseguir los mejores resultados de separación y por razones de seguridad.
- d) Mirilla. La mirilla muestra el nivel del aceite en el alojamiento del engranaje del tornillo sinfín. El volumen de aceite aproximado ideal es de 12 litros, para ver en la mirilla la cantidad ideal de aceite que debe tener la separadora, deberá indicar un llenado a la mitad de la mirilla.

2.4.2.1 Mantenimiento aplicado a la separadora

El mantenimiento aplicado actualmente en la separadora de combustible es de tipo correctivo, ya que por falta de personal y por falta de repuesto, no se puede tener un mantenimiento que prevenga las fallas que posee esta maquinaria rotativa. Debido al mantenimiento de tipo correctivo las separadoras de combustible bunker se mantienen en tiempo muerto muchas veces y además de eso la reparación de estas se extiende aún más por la falta de repuestos en el taller, ya que muchas veces se necesitan empaques, o-rings, sellos mecánicos, entre otras muchas cosas más que no están disponibles en dicho lugar. Por lo tanto se tiene que esperar la orden de compra de este material para poder empezar a realizar el mantenimiento para corregir la falla.

Por otro lado no se tiene estipulado algún tipo de mantenimiento preventivo en el cual se tenga previsto algún cambio de aceite, limpieza interna de la máquina, cambio de empaques y cojinetes internos, etc. Para esto es necesario contar con un almacén que tenga en disposición este tipo de repuestos así como la disponibilidad de personal para realizar a su debido tiempo cada uno de los mantenimientos que se aplican a la separadora.

2.4.3 Taller de mantenimiento

El taller de mantenimiento de la planta se divide en mecánico y eléctrico, para enfocarse en el mantenimiento de las separadoras de combustible, se indicará únicamente la parte de mantenimiento mecánico de la planta. El taller mecánico de la planta se encuentra al aire libre en la planta por el calor que se genera en esta y está compuesto de diferentes equipos y herramientas.

2.4.3.1 Equipos

Dentro de los equipos que se tiene en el taller de mantenimiento mecánico, los más importantes son:

- a) 1 máquina lijadora.
- b) 4 mesas metálicas de trabajo.
- c) 4 esmeriles.
- d) Fosa para el almacenamiento de desechos químicos.
- e) 1 montacargas.
- f) 1 plataforma rodante.
- g) 1 calibrador de inyectores.
- h) 1 taladro vertical.
- i) 1 equipo de soldadura autógena
- j) 1 equipo de soldadura eléctrica.
- k) Paneles eléctricos para el control de equipos.
- l) Cableado eléctrico.
- m) 1 grúa tipo monorraíl.

2.4.3.2 Herramientas

Dentro de las herramientas que se utilizan para el mantenimiento en la planta, las más importantes para el mantenimiento de las separadoras de combustible son:

- a) martillo de 4.4 Kg.
- b) llave de tuercas del perno.
- c) tornillos.
- d) llave para esfuerzo de torsión.

- e) herramienta de izado de 1000 Kg.
- f) llave especial para tubería de alta presión (46 mm.).
- g) llave para pie palanca (32 mm.)
- h) manija T.
- i) herramienta de compresión.
- j) herramienta empujador para cojinetes.
- k) extensión de 240-255 mm.
- l) copas.
- m) herramienta para elevación del cuerpo del tazón.
- n) llave de tuerca para el sello del anillo.
- o) tuercas.

2.4.4 Manejo de almacén de repuestos

El almacén de repuestos de la planta es una bodega en la cual se encuentran diferentes estanterías en las cuales se almacenan los repuestos para las diferentes maquinarias. El problema con el manejo de los repuestos en la planta es que no existe una interrelación con el departamento de mantenimiento y el planificador de la planta, por lo cual no se tiene un rango de máximos y mínimos de cada repuesto, por lo menos se debería de tener de los que se tiene un mayor consumo en la planta, como por ejemplo, los empaques, que muchas veces se tienen que fabricar manualmente en la planta, obteniendo tiempo perdido por la fabricación de los mismos.

La falta de un programa electrónico de manejo de materiales que se interrelacione con mantenimiento es necesaria para tener una comunicación por medio de códigos de materiales en el cual indique un mínimo, para realizar el pedido de los mismos y con esto mantener el almacén abastecido de repuestos.

2.5 Frecuencia del mantenimiento correctivo en las separadoras de combustible

El mantenimiento que se aplica en las separadoras de combustible se da cada vez que alguna de las piezas de la máquina no funcione y por lo tanto se tiene un tiempo muerto en la máquina para el mantenimiento de la misma. Por otro lado las inspecciones y la lubricación que debe tener esta maquinaria deben de ser de manera constante, porque debido a que es una máquina de constante rotación es necesaria una lubricación adecuada para evitar el desgaste de los engranajes que posee este sistema.

El mantenimiento programado para este tipo de maquinaria es muy útil, porque de aquí depende la pureza con que llegue el combustible al motor, obteniendo una combustión pura en la cual no se tenga una contaminación de nivel alto.

2.6 Problema del mantenimiento correctivo en las separadoras de combustible

El problema de que se aplique el mantenimiento correctivo en las separadoras de combustible se divide en tres partes principales:

- a) **Desgaste de piezas.** Al pasar combustible impuro a la cámara de combustión del motor se produce un desgaste de piezas en el motor, principalmente en la camisa y en los anillos del pistón.
- b) **Contaminación del medio ambiente.** Al tener una explosión en la cámara de combustión con un combustible sucio se produce un mayor porcentaje de ceniza, esto produce una contaminación más grande en la atmósfera.

c) **Eficiencia de la separadora.** La eficiencia de la separadora dada en porcentaje de impurezas, aumenta al no darle un mantenimiento adecuado a la misma. Por lo tanto el combustible sucio es enviado al motor, lo que ocasiona desgaste de piezas y fallas en la combustión.

3. PROPUESTA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS SEPARADORAS DE COMBUSTIBLE

En esta parte se presenta una descripción de cómo se llevará a cabo el mantenimiento preventivo en las separadoras, comenzando por el manejo del programa y la descripción de los instructivos que se utilizarán aplicando la norma ISO 9001:2000.

3.1 Descripción del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo que se tiene que aplicar a las separadoras consiste en un mantenimiento programado cada cierto tiempo, indicado en la tabla IV, en el cual se tendrá lubricación, lavado interno de la maquinaria y cambio de piezas propensas a desgastes cada determinado tiempo, esto se controlará por medio de un programa especializado en enviar ordenes de trabajo, auxiliándose de los instructivos que tendrán el mantenimiento a realizar paso a paso.

3.2 Programa a utilizar para el mantenimiento

Es un sistema computarizado que ayuda a controlar las actividades del Mantenimiento para incrementar la productividad y reducir los costos. Este programa contiene varios módulos para utilizar, para todos los casos de mantenimiento se enfocara más en el modulo de ordenes de trabajo, en el cual se crean tareas para trabajos no programados o trabajos ya realizados en donde también se tienen que especificar las partes y mano de obra que fueron utilizadas. Para esto se desglosará este módulo de la manera siguiente.

3.2.1 Visualización de la lista

En esta parte se observa de manera general el estado en el que se encuentra la orden de trabajo programada, la cual consta de las siguientes partes principales:

1. Número de orden. Indica el número de orden de trabajo que se maneja, esto ayuda para llevar un control de cuántas órdenes se han registrado en el programa auxiliándose de la orden física que los mecánicos tienen que llenar.
2. Número de tarea. Se utiliza en este mantenimiento de tipo preventivo, porque existen tareas ya creadas que tienen un número correlativo, esto ayuda a minimizar el tiempo en la creación de una tarea.
3. Descripción. No es más que la descripción del mantenimiento que se ha programado.
4. Estado. Consta de cuatro estados en que puede estar la orden de trabajo.
 - a) abierto: trabajo en proceso.
 - b) listo: el trabajo todavía no está en proceso.
 - c) espera: el trabajo es temporalmente suspendido.
 - d) terminado: el trabajo fue realizado.
5. Tipo de OT. Tipo de orden de trabajo puede ser mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, una inspección, limpieza de un área de trabajo, mejoras en algún sistema, etc.
6. Fecha y hora de solicitud. El programa indica el día y la hora en la cual se tiene que empezar a realizar el trabajo asignado.
7. Asignado. Por lo regular la asignación de las órdenes de trabajo las realiza el gerente de mantenimiento, en el cual se especifica el código del mismo para llenar esta casilla.

8. Asignado a. Por lo general la asignación se realiza hacia el supervisor de mecánicos y este a la vez asigna a un mecánico, si en caso no estuviera él, se asigna directamente al código del mecánico que realizara el trabajo.
9. Desde fecha programada. La fecha en la que se programo el mantenimiento.
10. Hora programada de inicio. La hora que se programo para empezar el trabajo.
11. Fecha de terminación. En base a mantenimientos anteriores se calcula cuando se terminara el trabajo.
12. Fecha de realización. La fecha en la que se realizo el trabajo, ya terminado.
13. Hora de realización. La hora en la cual se realizo el trabajo ya terminado.

Figura 9. Formato de orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO No.12422	
FECHA: _____	
HORA DE INICIO: _____	HORA DE: _____
FINALIZACIÓN: _____	ASIGNADO: _____
ASIGNADO POR: _____	A: _____
SISTEMA EN EL CUAL SE REALIZARÁ EL TRABAJO: _____	

ACTIVIDAD ASIGNADA: _____	

PRECAUCIONES: _____	

Fuente: Propuesta de formato de orden de trabajo

3.2.2 Visualización del registro

En esta parte se muestra una hoja de registro en la cual se encuentran algunos datos que fueron ingresados en la visualización de la lista como:

1. El número de orden de trabajo.
2. La descripción del trabajo a realizar.
3. Tipo de orden de trabajo.
4. El estado en que se encuentra la orden.
5. La prioridad que tiene la orden, ya que unas son más urgentes que otras.
6. El originador de la orden con todo y su teléfono.
7. La fecha y hora de solicitud del trabajo.
8. Si es efectuado por garantía, esto ocurre cuando el equipo es nuevo, o si es facturable, esta opción sería para el caso de la planta ya que la mayoría de equipos ya no tienen garantía por antigüedad.
9. Costo estimado en el cual se estima el costo que llevaría realizar el trabajo.
10. Tipo de gasto. Este puede ser de tipo mecánico, eléctrico, de instrumentación, de limpieza, etc.
11. El porcentaje del costo para mano de obra y materiales, así como el impuesto para cada uno de estos. Estos porcentajes se deben analizar ya que la mano de obra tiene un sueldo fijo y se tendría que analizar con el costo de materiales para saber como distribuir los porcentajes.
12. Lista recogida. Esto indica si los trabajadores ya entregaron la orden de trabajo al gerente.

Para observar el registro que se genera al ingresar los datos en la visualización de lista, se presenta la figura 10.

Figura 10. Visualización del registro del programa de mantenimiento

Nº de DT	04-001440	Nº de Tarea	98-0032
Descripción	CAMBIO DE ACEITE A LAS UNIDADES SEPARADORAS DE ACEITE (1000 HRS)		
Tipo de DT	MP	<input type="checkbox"/>	Efectuado por Garantía
Estado	Terminado	<input checked="" type="checkbox"/>	Facturable
Prioridad	3,00	Arrendatario	
Prioridad de trabajo	2,20	Costo estimado	80,00 €
Originador	239325	Tipo de Gasto	TMEC
Nº de Teléfono		Para mano de obra (%)	45,00
Extensión		Para materiales (%)	45,00
Nº de fax		Impuestos de Mano de Obra (%)	5,00
Fecha de Solicitud	07/12/2004	Impuesto del Material (%)	5,00
Hora de Solicitud	9:35:00	<input checked="" type="checkbox"/>	Lista de Recogida
		<input type="checkbox"/>	Seleccionar para Imprimir

Fuente: Programa de mantenimiento MP2

3.2.3 Equipos y detalles

La parte de equipos se refiere al equipo en el cual se realizará el trabajo y se divide en:

1. Número de equipo. Se refiere al código del equipo al cual se le realizará el trabajo, por ejemplo, código 01004.
2. Localización. La localización es el área específica como edificios, plantas y cuartos en donde se almacenan o se sitúan los equipos. Para el ejemplo sería, casa de tratamiento de combustible.

3. Sublocalización. Las sublocalizaciones son áreas más específicas de localización de los equipos. Se pueden crear hasta tres niveles de sublocalizaciones. Para el ejemplo sería, ninguna.
4. Descripción del equipo. Aquí se describe el equipo al cual se le dará el trabajo, por ejemplo, separadora de combustible bunker.
5. Departamento. Indica a que tipo de departamento esta asignado el equipo, en este caso sería al departamento de mantenimiento.
6. Tiempo de paro. Indica las horas o días aproximados en los cuales el equipo estará en tiempo muerto. Para el ejemplo sería una hora aproximadamente.
7. Razón de falla. La razón de falla es una breve descripción del porque se realizará el mantenimiento a dicho equipo, para el ejemplo sería, aceite sucio.
8. Solución. Cada razón de falla programada, tendrá una solución programada para solventar la falla. Para el ejemplo sería, cambio de aceite.

La parte de detalles se subdivide en cinco subsistemas que son:

1. Mano de obra. En esta parte se describe a que empleado/s fue asignado dicho trabajo, en el cual se asigna el código de la persona, el nombre con su apellido, la posición que tiene en la empresa, la fecha en la cual finalizó la tarea, las horas regulares y extras trabajadas.
2. Contratistas. Esta opción se da cuando se contrata personal externo para realizar ciertos trabajos en la empresa, en el cual se lleva el nombre de la persona, las horas regulares y extras que trabajo la persona, la fecha en la que fue realizado el trabajo y el costo total a pagar. Ver figura 11.

Figura 11. Formato para permiso de trabajo a contratistas

PERMISO DE TRABAJO No. 32433		
FECHA: _____	HORA DE FINALIZAR: _____	
HORA DE INICIO: _____	HORA DE FINALIZAR: _____	
NOMBRE DE LA EMPRESA: _____		
AREA EN LA QUE REALIZARÁN EL TRABAJO: _____ _____		
TRABAJO A REALIZAR: _____ _____ _____ _____		
ES NECESARIO PERMISO DE TRABAJO EN CALIENTE	SI	NO
EL TRABAJO AFECTA FUNCIÓN NORMAL DEL SISTEMA	SI	NO
ES NECESARIO COLOCAR TARJETA DE SEGURIDAD	SI	NO
HAN SIDO SATISFECHAS LAS NORMAS DE SEGURIDAD	SI	NO
SUPERVISOR DEL TRABAJO: _____ F) _____		
REPRESENTANTE DE LA EMPRESA: _____ F) _____		
<u>INSTRUCCIONES ESPECIALES</u>		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Este permiso es valido solo por 24 horas y únicamente el día de hoy. 2. Cuando termine el trabajo debe regresar la copia del permiso al lugar donde se le otorgo. 3. El área de trabajo debe quedar limpia. 4. Cada trabajo específico necesita un permiso distinto. 5. El personal de la Planta esta autorizado, si se violan las normas establecidas. 		

Fuente: Propuesta del formato para permiso de trabajo a contratistas

3. Pieza. En esta parte se llevan todas las piezas que se utilizarán para realizar el trabajo programado.

Se tiene el número de pieza con la cual fue codificada, fecha en la que se usará, el sitio en que se encuentra, la descripción que es el nombre de la pieza en si, la cantidad usada, el costo total y la cantidad requerida.

4. Comentarios. Los comentarios los realiza la persona que ejecute el trabajo para indicar con más especificaciones el trabajo que se tiene que realizar, también para indicar los inconvenientes y las mejoras que se realizaron en el trabajo.
5. Medidores. Los medidores son muy importantes para manejar este programa de una manera eficaz, ya que cada equipo tiene un medidor de horas trabajadas desde su instalación y con esto se programan los mantenimientos de carácter preventivo para llevar una secuencia de los trabajos que se tienen que realizar a determinado tiempo. Las separadoras de combustible tienen su medidor en horas, por lo regular los demás equipos los tienen de la misma manera.

3.2.4 Programación

La programación es la última parte en la orden de trabajo, se refiere a un registro, ver apartado 3.2.2, en el cual se observa nuevamente el número de orden de trabajo, descripción del trabajo a realizar, descripción de las demoras que se tengan, el estado en el que se encuentra la orden, la persona que lo asigno y a la que se lo asignaron, la fecha y la hora de solicitud, fecha y hora programada de inicio, fecha programada de terminación y la fecha con la hora de realización del trabajo. En esta programación se realiza un estimado a cerca del oficio que realiza la persona en la empresa y las horas que se le estiman de acuerdo a su capacidad para realizar su trabajo, este formato se presenta en la figura 12.

Figura 12. Estimación de horas de trabajo

	Oficio	Horas estimadas	Cant. Personas	Prioridad
▶	...			

Fuente: Programa de mantenimiento MP2

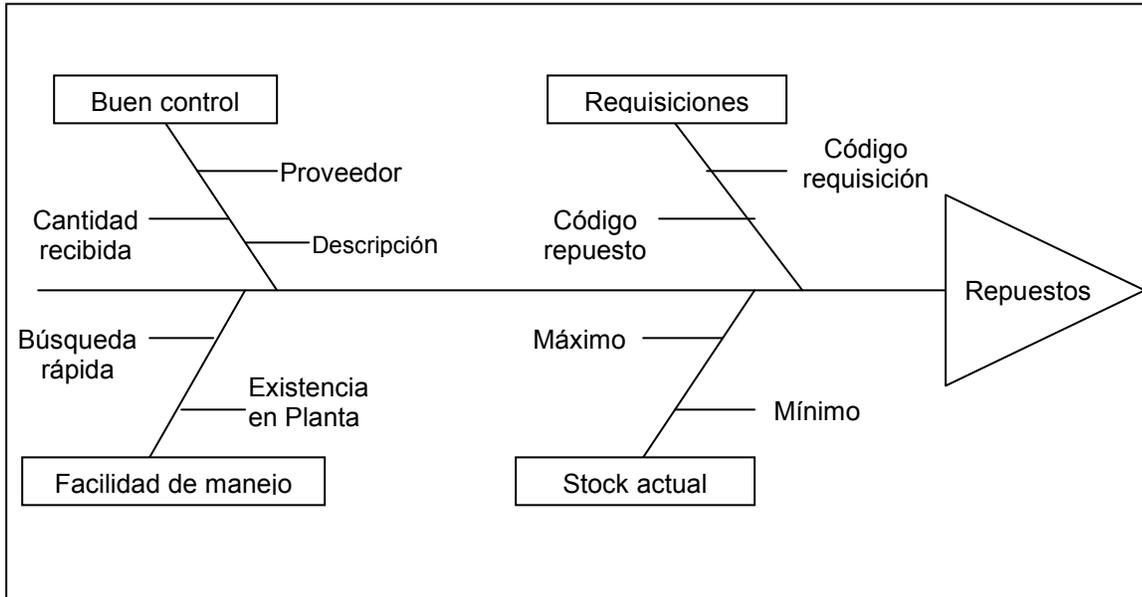
En la parte de oficio puede estar cualquier cargo que tenga la persona que realizara el trabajo, por ejemplo, mecánico 1, mecánico 2 y mecánico 3, puede ser más de una persona la que realice el trabajo, y de acuerdo a su capacidad se realiza un estimado de cuantas horas se llevará para finalizar el trabajo; la cantidad de personas se refiere a que pueden ser, por ejemplo, dos mecánicos 1 y un mecánico 2 los que realizaron el trabajo; y la prioridad se refiere a la importancia que tiene dicha solicitud de trabajo.

3.3 Manejo de repuestos con el programa de mantenimiento

Para entender como se debe manejar el almacén en la empresa utilizando el programa de mantenimiento se deben realizar los siguientes pasos:

- a) Ingresar lista de repuestos. En esta parte se debe almacenar el código que debe tener el repuesto, la descripción, el/los fabricante/s, las especificaciones del repuesto, el equipo al cual le es útil en la empresa, la unidad de medida del repuesto en caso de tenerla y la fecha de entrada a la planta.
- b) Ingresar una lista de proveedores. Muchas veces los proveedores de algunos productos no son los fabricantes de los mismo, por lo cual se realiza una lista en la cual se tenga el nombre del proveedor, el teléfono, la dirección, la cuenta en la cual se tendrá que realizar el depósito, los precios que ellos ofrecen por los repuestos, etc.

Figura 13. Diagrama causa – efecto, del manejo de repuestos con el programa de mantenimiento.



Fuente: Propuesta de diagrama causa-efecto de manejo de repuestos

c) Un estado de existencias. Este es el más importante que se debe de llevar, ya que aquí se controlan los máximos y los mínimos que tiene que manejar la empresa para la compra de los repuestos. Es importante que para los materiales consumibles de la empresa se maneje un stock mínimo alto, ya que estos son los de mayor utilidad en la empresa y un desperfecto en esto puede causar la falla de muchos equipos en la empresa, como por ejemplo, los empaques, tornillos, tuercas, o-rings, sellos, entres otros; estos repuestos lo utilizan la mayoría de los equipos y es indispensable conservarlos siempre en el almacén de repuestos, ya que son de alta rotación.

Figura 14. Formato del control del manejo de repuestos

REQUISICIÓN DE REPUESTOS			
Guatemala, ____ de _____ del _____			
No.	COD. REPUESTO CANTIDAD	NOMBRE REPUESTO	
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/> FIRMA Y CÓDIGO DEL EMPLEADO			

Fuente: Propuesta de formato de requisición de repuestos

3.3.1 Beneficios

Dentro de los beneficios que se tiene al tener el almacén de repuestos ligado a un programa de mantenimiento se tienen tres importantes beneficios que son:

1. Interrelación con el departamento de mantenimiento. Esta interrelación es muy importante ya que para poder tener el estimado de máximos y mínimos en el almacén se debe conocer que tipo de mantenimiento se realiza cada

cierto tiempo y con esto saber en que porcentaje se consume cada repuesto para sacar el stock mínimo de cada uno de ellos.

Esta comunicación es indispensable para que el programa funcione, porque sino se pueden tener excesos de material, lo que causaría que el material se deteriore por el tiempo de vida útil; y el otro fenómeno sería la escasez de repuesto, lo que produce tiempo muerto mayor del que se llevaría si solo se aplicará el mantenimiento, porque este tiempo de mantenimiento habría que sumarle la espera para la compra del repuesto faltante.

2. Ahorro económico. Al tener alimentado el programa con los precios de cada proveedor, ya no se tendría que perder tiempo en cotizaciones, aunque siempre se tendrán que realizar pero en menor cantidad. Con esto el encargado del almacén ya puede informar a los encargados de realizar las compras en que empresa se debe comprar cada repuesto, ya que se tiene que ver tanto calidad como economía.

El ahorro económico también se da con la reducción de tiempos muertos en las maquinarias por la disponibilidad de repuesto que se tiene en el almacén.

3. Mayor aprovechamiento del tiempo. El departamento de mantenimiento tendrá más tiempo productivo en la empresa debido a que los trabajos de mantenimiento se realizaran de forma rápida y eficaz, sin perder tiempo en la compra de repuestos.

3.4 Descripción de instructivos aplicando la norma ISO 9001:2000

Para empezar a describir los instructivos aplicando la norma ISO se tiene que tener claro que este es un sistema de gestión integrado. El sistema de

gestión integrado no es más que una serie de pasos utilizando herramientas para conseguir un objetivo y con esto satisfacer las partes interesadas.

Para entender mejor la relación que se tiene con el sistema de gestión integrado observar la figura 15.

Figura 15. Sistema de gestión integrado



Fuente: Propuesta de los pasos de un sistema de gestión integrado

Los instructivos de mantenimiento preventivo para las separadoras de combustible aplicando la norma ISO 9001:2000 deberán tener una serie de pasos las cuales son:

- a) Elaboración. Se refiere propiamente a la elaboración del instructivo, ver figura 16, en la cual la persona encargada de elaborar el instructivo deberá auxiliarse por algún trabajador de la empresa para que le de una explicación detallada de cómo se realiza el trabajo que se desea documentar.
- b) Revisión. La revisión del instructivo la tendrá que realizar el supervisor de mantenimiento de la planta o directamente el gerente de mantenimiento, con el fin de mejorar la documentación. Al realizar la revisión se deberán realizar las correcciones propuestas lo más pronto posible para pasar al último paso.

c) Aprobación. Por último se tiene la aprobación del instructivo en la cual se autoriza el documento para ser parte de la empresa. Esta aprobación la tendrá que realizar el gerente de planta con lo cual no se podrán realizar modificaciones al documento sin la autorización del mismo.

Las partes en que se divide el instructivo se muestran a continuación en la figura 16, en la cual se observa el esquema que tiene el instructivo aplicando la norma ISO.

3.4.1 Objetivo

Es el resultado que se desea alcanzar si se aplica lo que está escrito en el documento. En el caso de los diferentes tipos de mantenimiento que se realizan en la separadora el objetivo principal será mantener a la separadora con la mayor eficiencia posible aplicando el mantenimiento a su debido tiempo.

El objetivo debe de contener con pocas palabras la importancia que tiene el trabajo documentado. No puede existir más de un objetivo ya que este es de forma general para todo el documento.

3.4.2 Alcance

Señala el ámbito de aplicación del documento, puede restringirse a involucrados en el trabajo, áreas geográficas, etc.

El alcance no es más que describir a la persona que se encargara de realizar el trabajo documentado acorde a su posición en la empresa, por ejemplo, sería incorrecto asignar un trabajo de mantenimiento mecánico a una persona encargada de realizar mantenimiento eléctricos en la empresa.

En el caso de los mantenimientos preventivos para la separadora de combustible, este trabajo se deberá asignar ya sea a un mecánico 1 o a un mecánico 2 con ayuda de un mecánico 1, ya que este mantenimiento es de carácter complejo por lo que un mecánico 3 no podría realizarlo por no tener los conocimientos suficientes.

Figura 16. Esquema de instructivo aplicando la norma ISO

1.	<u>OBJETIVO</u>												
2.	<u>ALCANCE</u>												
3.	<u>DEFINICIONES Y TERMINOLOGIA</u>												
3.1.													
3.2.	Abreviaturas												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sigla</th> <th>Descripción</th> <th>Sigla</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Sigla	Descripción	Sigla	Descripción								
Sigla	Descripción	Sigla	Descripción										
4.	<u>REFERENCIAS</u>												
4.1.													
5.	<u>PRECAUCIONES DE SALUD, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</u>												
5.1.	<u>SALUD</u>												
5.2.	<u>SEGURIDAD</u>												
5.3.	<u>MEDIO AMBIENTE</u>												
6.	<u>CONDICIONES PRELIMINARES</u>												
7.	<u>DESARROLLO</u>												
8.	<u>REGISTROS GENERADOS</u>												
9.	<u>ANEXOS</u>												

Fuente: Propuesta del instructivo aplicando norma ISO

3.4.3 Descripciones y terminologías

Términos utilizados en el desarrollo (ver 3.4.6) del documento cuyos conceptos ayudan al entendimiento del mismo. También se incluyen las abreviaturas.

Estos términos no son más que un glosario del propio desarrollo del instructivo en el cual se definen los términos que se consideren importantes, esto quiere decir que pueden haber términos que se asume que los trabajadores ya conocen y por ende no se tomarían en cuenta para esta sección de elaboración del instructivo.

Para comprender mejor las abreviaturas observar en la figura 17 el ejemplo de cómo se colocarán las abreviaturas en el documento a través de un esquema.

Figura 17. Esquema de abreviaturas

Sigla	Descripción	Sigla	Descripción
N.A.	No Aplica	Amp.	Amperio
RPM	Revoluciones por minuto		

Fuente: Propuesta del esquema de abreviaturas en instructivo aplicando norma ISO

Las abreviaturas también se mencionan en el desarrollo del instructivo y se explican en este esquema, cuando en alguno de los puntos del instructivo no se escriba nada se deberá colocar N.A. y su descripción se puede observar en la figura 17.

3.4.4 Precauciones

Medidas preventivas o de control operativo frente a los peligros y riesgos a los que estén expuestos o aspectos e impactos que se generen en la ejecución de la instrucción. Aquí se debe incluir que tipo de equipo de protección se debe utilizar en los distintos trabajos, si se tiene que solicitar algún tipo de permiso para realizar alguna tarea, etc. Dentro de las precauciones que se deben de tomar y en las que se debe enfocar son las siguientes.

3.4.4.1 Salud

En el caso de los distintos mantenimientos que se realizan en la separadora de combustible las precauciones de salud que se deberán de tomar son:

- a) precaución al manejar el químico que se utiliza en lavado de la separadora de combustible, ya que es un alcalino y puede provocar daños en la piel.
- b) para el cambio de aceite de la unidad separadora tomar en cuenta que algunas superficies de la máquina pueden estar muy calientes y provocar quemaduras.
- c) para los mantenimientos intermedios y mayores de la unidad separadora de combustible utilizar mascarilla para prevenir respirar vapores provenientes de químicos y utilizar guantes de hule para la limpieza de platos con diesel, ya que el diesel produce irritación. Además se deberán tener las precauciones anteriormente mencionadas.

3.4.4.2 Seguridad

Las precauciones de seguridad que se deben de tomar para el mantenimiento preventivo de la separadora de combustible son:

- a) para todos los mantenimientos en la separadora se debe utilizar lentes de seguridad, zapato de seguridad (bota punta de acero), tapones para el ruido y overol de manga larga para prevenir quemaduras.
- b) para manipular químicos es recomendable utilizar guantes de hule.
- c) ser ordenado con el manejo de herramientas en el cuarto de separadoras, ya que puede provocar un accidente al tropezarse con alguna de ellas.

3.4.4.3 Medio ambiente

Las precauciones de medio ambiente que se deben de tener al realizar el mantenimiento en la separadora de combustible son muy importantes ya que un descuido en este aspecto puede repercutir en toda la empresa. En una planta de este tipo es indispensable controlar los desechos sólidos, como los desechos líquidos, los gases de escape, etc. Dentro de las precauciones al realizar el mantenimiento se tienen.

- a) los residuos generados durante la limpieza de las distintas unidades de la separadora deberán drenarse en los lugares asignados, como los toneles para desechos sólidos, ubicados cerca del taller mecánico.
- b) precaución con el derrame de químico, aceite y combustible, porque provocan contaminación en el suelo a largo plazo, dentro de las medidas de seguridad contra derrames, se tiene la limpieza que se realiza después de cada mantenimiento por parte de un personal asignado para este trabajo y que deben de depositar los residuos en toneles para desechos sólidos.

3.4.5 Condiciones preliminares

Son los requerimientos básicos para cumplir con el objetivo del procedimiento. En el caso de los diferentes tipos de mantenimiento que se dan en las separadoras de combustible se tienen estas condiciones preliminares.

- a) Para todos los mantenimientos se tiene que obtener un permiso de seguridad autorizado por el personal de operación de la empresa, donde indique que protección es la que se debe de tener al realizar dicho trabajo.
- b) Para el cambio de aceite, servicio intermedio y servicio mayor de la separadora se deberán de realizar tareas extras que son.
 - verificar que el interruptor principal de la separadora este apagado.
 - verificar que la válvula de entrada de combustible este cerrada.
 - verificar que la válvula de entrada de vapor este cerrada.

3.4.6 Desarrollo

Describe la secuencia de pasos que se deben de ejecutar para el logro del objetivo planteado. El desarrollo es lo más importante del instructivo porque en este se explica el trabajo que se quiere realizar, y lo más delicado es que se tiene que dar a entender a todas las personas que lo lean, por eso es recomendable que el desarrollo contenga fotografías de los diferentes puntos de los que se este hablando, para una mejor comprensión de las personas.

El desarrollo deberá contener en su inicio un resumen de lo que se pretende realizar con los demás pasos que le prosiguen. Deberá ser explicito y lo más corto posible para que las personas pongan interés al leerlo.

En la figura 16, se encuentra el esquema del instructivo a utilizar aplicando las normas ISO, el inciso 7 de este esquema muestra la parte de desarrollo, en la cual se detalla el procedimiento a realizar, los procedimientos para el mantenimiento preventivo en la separadora de combustible se detallan en el capítulo 4; estos procedimientos son los que deben de registrarse en el inciso de desarrollo.

3.4.7 Registros generados

Es la lista de registros que se generan con la aplicación del documento. Estos registros deberán ser una evidencia de carácter objetiva de la realización de la actividad asignada.

En el caso del mantenimiento preventivo de las separadoras el registro se lleva en el programa de mantenimiento ya que en el se tiene el control de las horas trabajadas de las separadoras y con ello poder tener un control en la programación de mantenimientos preventivos.

3.4.8 Anexos

Es la información complementaria, necesaria para el entendimiento del documento, como por ejemplo, gráficas, flujogramas, diagramas, etc. Que sean necesarios para complementar el documento.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS SEPARADORAS DE COMBUSTIBLE

Se definen los intervalos de tiempo en los cuales las separadoras de combustible necesitan un mantenimiento preventivo, que puede ser desde lo más sencillo hasta un servicio completo.

4.1 Frecuencia del mantenimiento preventivo

La frecuencia nos indica en que tiempo deben ser limpiadas, revisadas y cambiadas las diferentes piezas que poseen las separadoras. Para observar como debe ser la frecuencia para el mantenimiento preventivo de las separadoras de combustible, observar tabla IV.

Tabla IV. Programa de mantenimiento preventivo

HORAS	CD	LQ	CA	SI	SC
DIARIAS	X				
500	X	X			
1000	X	X	X		
2000	X	X	X	X	
4000	X	X	X	X	
6000	X	X	X	X	
8000	X	X	X	X	X

Fuente: Manual de la separadora de

CD = Comprobaciones Diarias

CA = Cambio de aceite

SC = Servicio completo

LQ = Lavado con químico

SI = Servicio intermedio

4.1.1 Comprobaciones diarias

Las comprobaciones diarias se deben realizar diariamente, incluso se puede realizar hasta dos veces al día, debido a que las separadoras trabajan las 24 horas del día es muy probable que las piezas se desgasten con facilidad y por ello es tan importante esta inspección. Dentro de las comprobaciones diarias más importantes que se tienen que revisar están:

1. comprobar si existen fugas en el dispositivo de entrada y salida de la separadora
2. en el rotor de la separadora se deberá comprobar la presencia de vibraciones y ruidos, ya que una alta vibración o algún ruido extraño podría ser causa de desgaste en alguna de las partes del rotor.
3. en el dispositivo de accionamiento horizontal se deberán observar dos partes:
 - a) en el eje de la rueda helicoidal y caja de engranajes se debe comprobar la presencia de vibraciones y ruidos; y se deberá revisar el nivel de aceite en la caja de engranajes.
 - b) en el motor eléctrico de la separadora, se debe verificar si existe calor excesivo, vibraciones y ruidos.

Para estas comprobaciones se utiliza la técnica del VOSO, esta técnica se basa en ver, oír, sentir y oler; debido a la experiencia del personal del departamento de mantenimiento, en la mayoría de ocasiones se basan en esta técnica para comprobar fallas en la máquinas.

4.1.2 Lavado con químico cada 500 horas

El lavado con químico se debe realizar cada quinientas horas, si el combustible que se utiliza está sucio entonces sería recomendable realizar el lavado cada trescientas horas, estos parámetros son indicaciones que sugiere el fabricante; este lavado tiene una duración de dos horas aproximadamente. El químico utilizado para la limpieza de la separadora esta compuesto en su mayoría por aminoácidos y fruti ácidos. Este líquido es soluble al agua ya que se debe tener una concentración del 25% del químico y 75% de agua, no es inflamable y previene la corrosión provocada por los compuestos del combustible. La temperatura recomendable para realizar el lavado de las separadoras de combustible es de 50 a 70 °C.

Dentro de las propiedades se tiene que es un líquido transparente, de color amarillo, olor agradable, su nivel de PH es de 2 aproximadamente, tiene una densidad de 1070 kg/m³, no causa daños por inhalación o ingestión y puede causar algún tipo de daño a los ojos o piel.

4.1.3 Cambio de aceite cada 1000-1500 horas

Es recomendable realizar el cambio de aceite cada 1000 horas debido al desgaste que puedan sufrir los engranajes por un aceite sucio, es una sugerencia del fabricante, debido a las pruebas que se le realizaron a la máquina. El cambio de aceite deberá realizarse junto con la revisión del engranaje del tornillo sinfín en el dispositivo de accionamiento horizontal, el aceite que se utiliza es para cárter de alta calidad con base de parafina con aditivos estables AW (anti-desgaste). Este aceite contiene un grado de viscosidad (VG) de 320 y un índice de viscosidad (VI) mayor de 95.

4.1.4 Servicio intermedio cada 2000 horas

Para este tipo de servicio es recomendable utilizar las piezas originales que contiene la separadora, como sellos, o-rings, empaques y toberas de fábrica; ya que una pieza genérica podría ocasionar problemas graves. En este apartado se indican todos los trabajos que se deben realizar de manera general, para comprender mejor la realización de los trabajos, ver el apartado 4.2.4.

Los trabajos que se deben realizar en el servicio intermedio de las separadoras son los siguientes:

1. En el dispositivo de entrada y salida de la separadora limpie y revise roscas de la tubería de entrada y alojamiento de conexión.

2. En el rotor de la separadora realizar los siguientes trabajos:
 - a) limpie y revise el disco centrípeto superior.
 - b) limpie y revise el disco de control del caudal.
 - c) limpie y revise el anillo de cierre.
 - d) limpie y revise la tapa del rotor.
 - e) limpie y revise el disco superior.
 - f) limpie y revise el disco centrípeto de aceite.
 - g) limpie y revise el anillo de nivel.
 - h) limpie y revise los discos del rotor.
 - i) limpie y revise el distribuidor.
 - j) limpie y revise el cono distribuidor.
 - k) limpie y revise el fondo deslizante del rotor.
 - l) limpie y revise el cuerpo del rotor.
 - m) limpie y revise el cono del eje del rotor y cubo del cuerpo del rotor.

- n) limpie y revise el mecanismo de maniobra.
 - o) revise la corrosión.
 - p) revise las grietas.
 - q) revise la erosión que se puede tener.
 - r) revise las rozaduras de la superficie guía.
 - s) revise la presión del paquete de discos.
 - t) cambie las juntas tóricas y sellos.
3. En el dispositivo de maniobra se deberá limpiar y revisar el disco centrípeto de maniobra y cambiar las juntas tóricas.
4. En el dispositivo de accionamiento horizontal se realizará el trabajo de cambio de aceite mencionado en el apartado 4.1.3.

Las medidas de seguridad que debe de tener el trabajador para todos los trabajos realizados en la separadora se indican en el apartado 3.4.4.2.

4.1.5 Servicio completo cada 8000 horas

Para este tipo de servicio es recomendable utilizar las piezas originales que contiene la separadora, como sellos, o-rings, empaques y toberas de fábrica; ya que una pieza genérica podría ocasionar problemas graves. En este apartado se indican todos los trabajos que se deben realizar de manera general, para comprender mejor la realización de los trabajos, ver el apartado 4.2.5.

Los trabajos que se deben realizar en el servicio completo de las separadoras son los siguientes:

1. En el dispositivo de entrada y salida de la separadora se realizan los mismos trabajos que se realizan en el servicio intermedio.
2. En el rotor de la separadora se realizan los mismos trabajos que se realizan en el servicio intermedio con la excepción de que se tiene que revisar la altura del disco centrípeto superior.
3. En el dispositivo de maniobra se realizan los mismos trabajos que se realizan en el servicio intermedio y además se tiene que revisar la altura del disco centrípeto de maniobra.
4. En el dispositivo de accionamiento vertical se realizan los siguientes trabajos:
 - a) limpiar y revisar el eje del rotor.
 - b) limpiar y revisar el desgaste de la ranura del eje helicoidal.
 - c) limpiar y revisar los muelles del amortiguador y alojamiento del rodamiento de bolas.
 - d) limpiar y revisar la altura del eje del rotor.
 - e) limpiar y revisar la oscilación radial del eje del rotor.
 - f) cambiar las juntas tóricas y sellos.
 - g) cambiar los rodamientos del eje.
5. En el dispositivo de accionamiento horizontal realizar los siguientes trabajos:
 - a) en el eje de la rueda helicoidal y caja de engranajes revisar la rueda helicoidal y tornillo sinfín, la oscilación radial del eje de la rueda helicoidal y el juego axial de la placa flexible. Cambiar los rodamientos, juntas tóricas, cierres y el aceite en la caja de engranajes.
 - b) en el freno limpiar y revisar muelle y zapata del freno y cambiar la zapata de fricción.

- c) en el acoplamiento de fricción limpie y revise el acoplamiento de la rueda helicoidal y cambie las zapatas de fricción.

Para todos los mantenimientos mencionados en el apartado 4.1, las herramientas que se deben de utilizar se mencionan en el apartado 2.4.3.2.

4.2 Descripción de los mantenimientos

Para conocer lo que se debe de realizar en los diferentes tipos de mantenimientos en las separadoras de combustible en este apartado se describen los mantenimientos con gráficas para comprenderlo mejor.

4.2.1 Comprobaciones diarias

1. Comprobar si existen fugas en el dispositivo de entrada y de salida de la separadora. Ver figura 8.

2. Comprobar la presencia de vibraciones y ruidos en el rotor de la separadora. Unas vibraciones o un ruido son indicación de algún problema. Se tendrá que parar la separadora e identificar la causa que lo provoca.

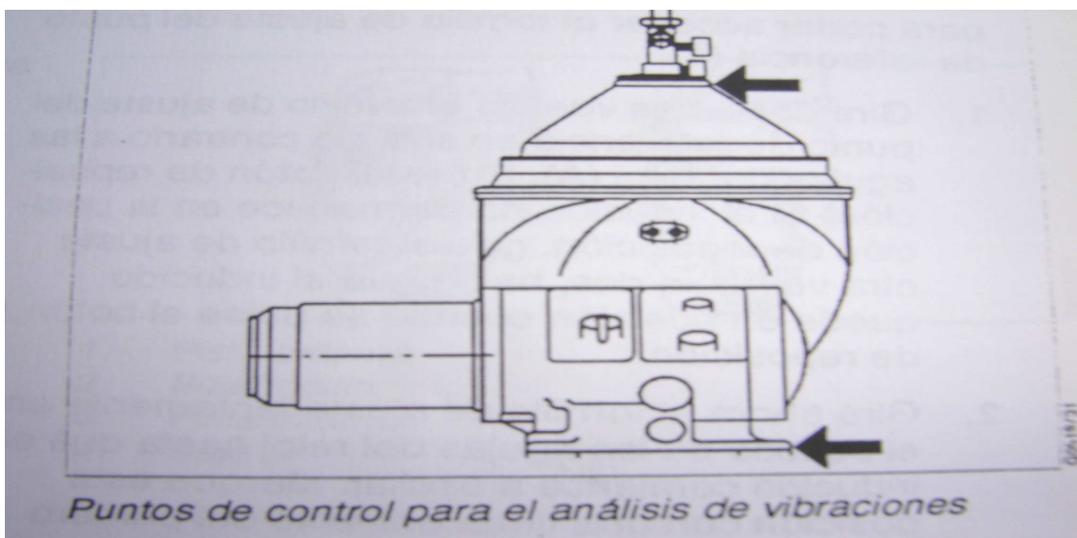
Utilizar algún tipo de equipo para el análisis de vibraciones, como un osciloscopio o un sensor de vibraciones, y registrar la magnitud de las vibraciones. Observar en la figura 10 los puntos donde se deben realizar las mediciones.

El nivel de vibraciones no debe exceder los 11.2 mm / s a una velocidad máxima en la separadora de combustible. Si se producen unas vibraciones excesivas, parar la separadora y mantenga el rotor lleno de líquido durante el proceso de parada.

Se deben identificar y corregir las causas de las vibraciones antes de volver a poner en marcha la separadora. Unas vibraciones excesivas pueden ser debidas a dos cosas:

- a) un montaje incorrecto o,
- b) una limpieza deficiente del rotor.

Figura 18. Puntos de control para el análisis de vibraciones



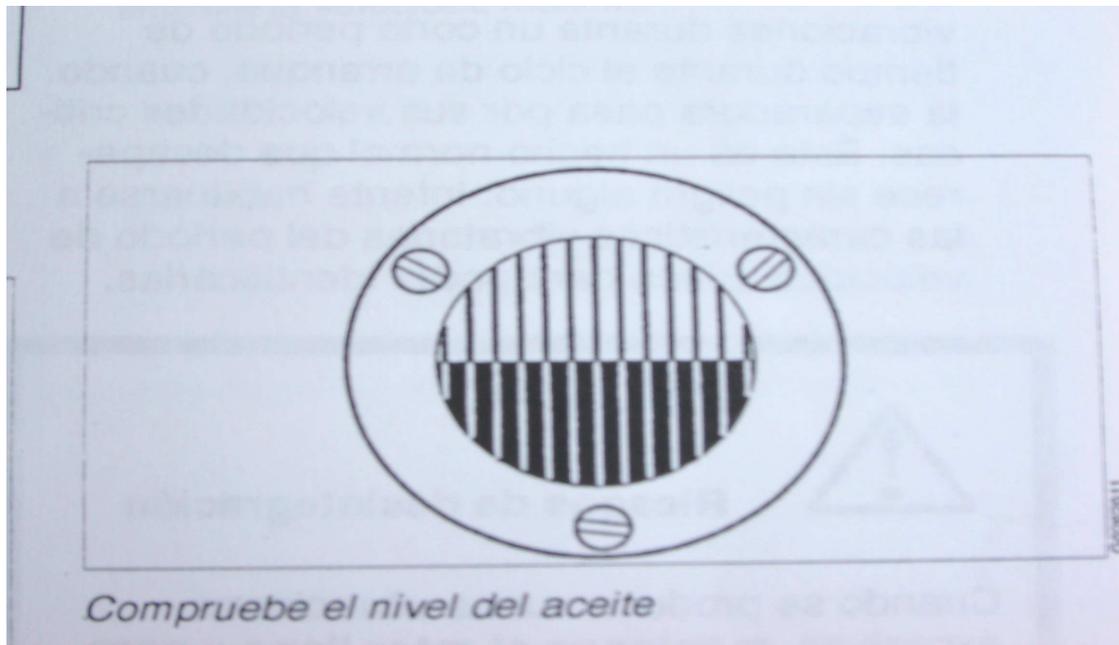
Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

- 3. Revisar el nivel de aceite de la caja de engranajes. Compruebe que el nivel del aceite quede exactamente en la mitad de la mirilla. Observar figura 19.

4.2.2 Lavado con químico

El lavado con químico en la separadora de combustible tiene un tiempo de duración de una a tres horas dependiendo el estado de suciedad en el que se encuentre la máquina. Se debe tener mucho cuidado en la conexión de las mangueras de la máquina que realiza el lavado en el lugar con la separadora.

Figura 19. Nivel del aceite



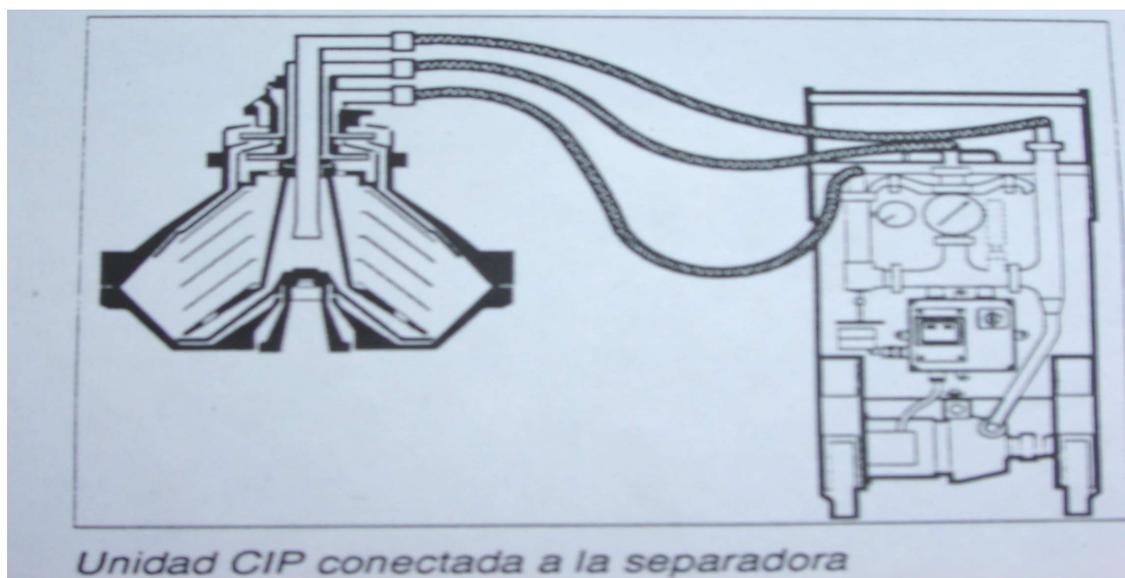
Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

Para comprender mejor a continuación se presentan los pasos para el proceso del lavado en la separadora:

1. parar la separadora,
2. apagar la unidad de control de la separadora,
3. desconectar las tres tuberías del dispositivo de entrada y salida de la separadora,

4. conectar las tres mangueras de la máquina lavadora, empezando por la conexión más alta de la lavadora a la conexión más alta de la separadora, y así sucesivamente, Ver figura 20,

Figura 20. Unidad de lavado conectada a la separadora



Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

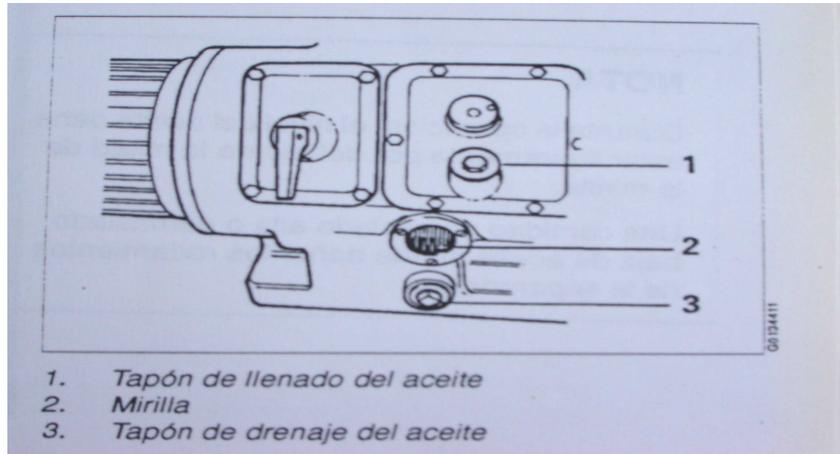
5. abrir la válvula de estrangulación,
6. arrancar la separadora,
7. cerrar la taza de la separadora, abriendo manualmente la válvula de agua de operación que va desde el rotor de la separadora,
8. chequear que la válvula de drenaje de la lavadora este cerrada y proceda a llenar con 27 litros de agua,
9. arrancar la lavadora,
10. chequear que pase el flujo por medio de un indicador, que el indicador de nivel se mantenga en el mismo nivel y que el manómetro se mantenga entre uno y dos bar de presión,
11. agregue 9 litros de limpiador líquido,

12. si existe algún tipo de vibración es recomendable parar la separadora,
13. inspeccionar de 2 a 3 veces por hora el proceso de lavado,
14. la temperatura normal de la lavadora es de 50 a 70 °C,
15. después de una hora realizar una descarga abriendo la válvula de descarga.
Luego cierre la válvula de descarga y revisar que se tengan más de 10 litros, sino agregar más agua hasta obtener los 10 litros,
16. terminada la limpieza, se debe cerrar la válvula de agua de operación.
Descargar el contenido de la taza por completo abriendo y cerrando la válvula de descarga hasta que el tanque de la lavadora se vacíe y no se escuchen más descargas,
17. abra la válvula de agua de operación y llene con 27 litros de agua. Dejar correr la lavadora hasta que llegue a una temperatura de 70°C,
18. cerrar la válvula de agua de operación y descargar por completo todo el contenido en la separadora. Parar la lavadora y la separadora.

4.2.3 Cambio de aceite

1. Coloque un recipiente colector debajo del orificio de drenaje, desenrosque el tapón de drenaje y drene el aceite. Tener precaución ya que el aceite lubricante del alojamiento del engranaje del tornillo sinfín y algunas superficies de la máquina pueden estar muy calientes y provocar quemaduras. Ver figura 21.
2. Llene con aceite nuevo el alojamiento del engranaje del tornillo sinfín. El nivel del aceite debe estar exactamente en la mitad de la mirilla:
Volumen de aceite aproximado: 12 litros.
Una cantidad demasiado baja o demasiado alta de aceite puede dañar los rodamientos de la separadora.

Figura 21. Partes importantes para el cambio de aceite en la separadora



Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

Durante el cambio de aceite compruebe el desgaste de los dientes de la rueda helicoidal y del tornillo sinfín.

Examine las superficies de contacto y compare los perfiles de los dientes:

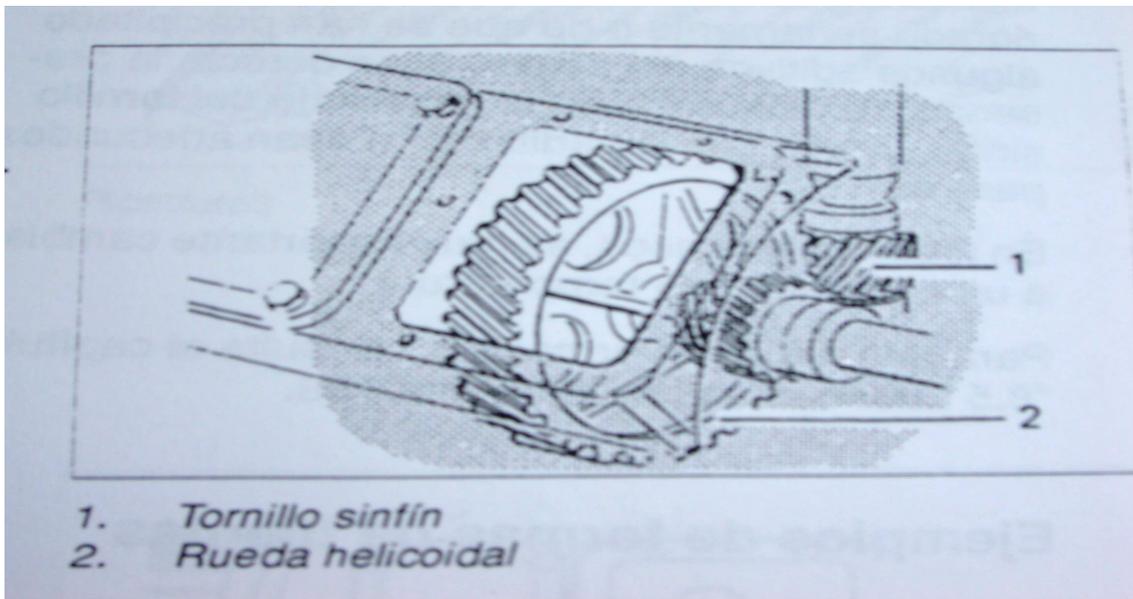
- **Dientes satisfactorios.** Contiene un desgaste uniforme de las superficies de contacto. Las superficies son suaves. Se crearán unas superficies con un buen contacto en los dientes cuando el engranaje esté sujeto sólo a una carga moderada durante el periodo de arranque.
- **Diente desgastado.** Como norma, el desgaste admisible es de 1/3 del espesor de la parte superior de un diente, siempre que:
 1. el desgaste sea uniforme en todo el flanco del diente,
 2. y todos los dientes presenten el mismo grado de desgaste.

El engranaje puede funcionar satisfactoriamente aunque presente un cierto desgaste:

- cambie la rueda helicoidal y el tornillo sinfín a la vez, aunque sólo uno de ellos esté desgastado.
- para evitar dañar los dientes cuando se ice el eje del rotor, empuje hacia un lado la rueda helicoidal. Ver figura 22.

Cuando se cambie el engranaje, asegúrese siempre de que la rueda helicoidal y el tornillo sinfín nuevos tengan la relación de los dientes de 62:19, esto quiere decir que la rueda helicoidal debe de tener 62 dientes, mientras que el tornillo sinfín tendrá 19.

Figura 22. Rueda helicoidal y tornillo sinfín



Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

Compruebe que la relación de engranajes sea adecuada para la frecuencia de la corriente en este caso serían 60 Hz. Si no es correcta, la sobrevelocidad provocada puede causar una seria rotura.

Cuando se utilice un aceite mineral en el alojamiento del engranaje del tornillo sinfín, la presencia de depósitos negros en las piezas del eje es indicación de que la base del aceite se ha deteriorado seriamente o de que se han precipitado algunos aditivos del aceite. Si se detecta la presencia de picaduras en el engranaje del tornillo sinfín, puede que los aditivos no sean adecuados para este fin.

Es muy importante cambiar a un aceite de alta temperatura si se detectan picaduras en el engranaje de tornillo sinfín, para soportar el calentamiento excesivo que se maneja en esta parte.

4.2.4 Servicio intermedio

Dentro de los puntos más importantes a comprobar durante el servicio intermedio en las separadoras de combustible tenemos:

- **Junta de estanqueidad de la tapa del rotor.** Un sellado deficiente entre la junta de estanqueidad de la tapa del rotor y el borde de sellado del fondo deslizante del rotor puede provocar fugas de líquido de proceso desde el rotor.

Cambie la junta de estanqueidad de la tapa del rotor cada vez que se realice una operación de servicio intermedio. Ver figura 23.

Si la nueva junta es demasiado estrecha, sumérgjala en agua caliente (70 – 80 °C) durante 5 minutos aproximadamente. Si es demasiado ancha, encogerá después de secarla a 80-90 °C durante 24 horas.

Figura 23. Junta de estanqueidad de la tapa del rotor



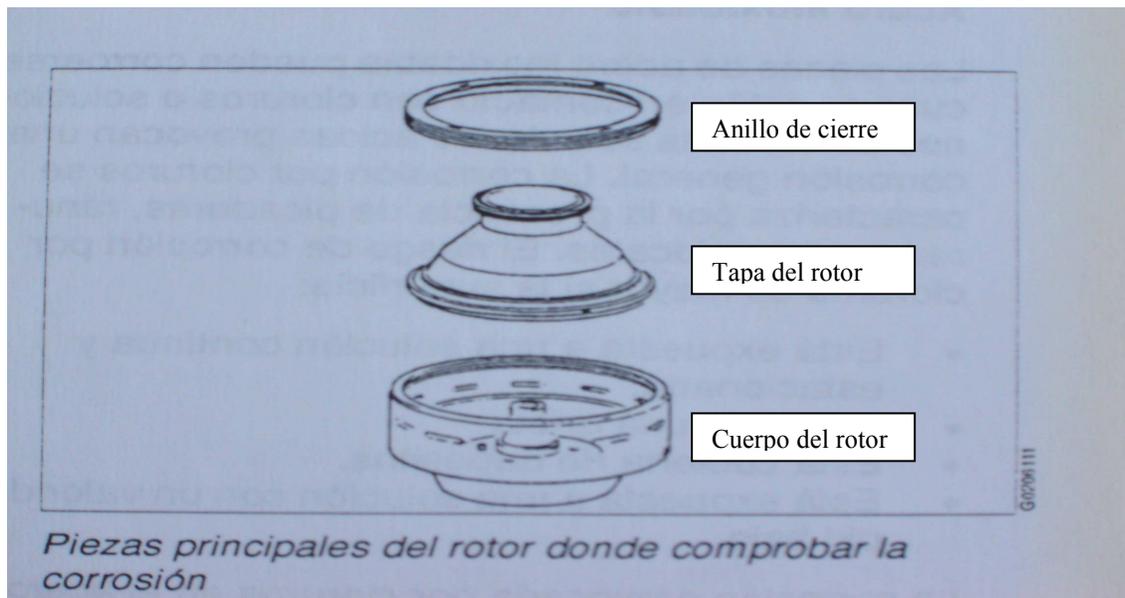
Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

- **Cono del eje del rotor y cubo del cuerpo del rotor.** Las marcas de impactos en el cono del eje o en el cubo del cuerpo del rotor pueden provocar un ajuste deficiente y un desequilibrio debido a las vibraciones. Se deben revisar también el eje del rotor y el cubo si se ha desmontado el eje del rotor o si el rotor funciona de forma brusca. La corrosión puede hacer que el rotor se adhiera firmemente al cono del eje, dificultando el próximo desmontaje. Quite las marcas de impactos con un rascador o una piedra de amolar, teniendo cuidado de no deformar la forma cónica.
- **Corrosión.** Se debe observar cualquier evidencia de ataques de corrosión y rectificar cada vez que se desmonte la separadora. Las piezas principales del rotor, como el cuerpo del rotor, la tapa del rotor y el anillo de cierre, ver figura 24, deben ser revisadas con gran cuidado para observar si presentan daños provocados por la corrosión.

La corrosión puede aparecer en las superficies metálicas no protegidas de acero no inoxidable y de hierro fundido. Las piezas del bastidor pueden corroerse cuando se exponen a un entorno agresivo.

Las piezas de acero inoxidable pueden corroerse cuando están en contacto con cloruros o soluciones ácidas. Las soluciones ácidas provocan una corrosión general. La corrosión por cloruros se caracteriza por la presencia de picaduras, ranuras o grietas locales.

Figura 24 Piezas principales del rotor para comprobar la corrosión.



Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

La corrosión por cloruros en el acero inoxidable comienza con unos pequeños puntos oscuros que pueden ser difíciles de detectar.

Por eso es recomendable revisar con atención cualquier tipo de daño provocado por la corrosión y anote las observaciones cuidadosamente en el formato de la orden de trabajo asignada, también se deberá pulir los puntos oscuros y otras marcas de corrosión con una tela de esmeril de grano fino. En la mayoría de los casos esto ayuda a prevenir futuros daños.

- **Grietas.** Pueden comenzar a aparecer grietas en la máquina después de un tiempo de funcionamiento y propagarse poco a poco.

Las grietas comienzan a menudo en una zona expuesta a elevadas tensiones cíclicas del material. Estas grietas se denominan grietas por fatiga.

También pueden comenzar a aparecer grietas como consecuencia de la corrosión en un medio agresivo.

Todas las formas de grietas o fisuras son potencialmente peligrosas, ya que reducen la resistencia y la capacidad funcional de los componentes. Cambiar siempre una pieza que presente grietas.

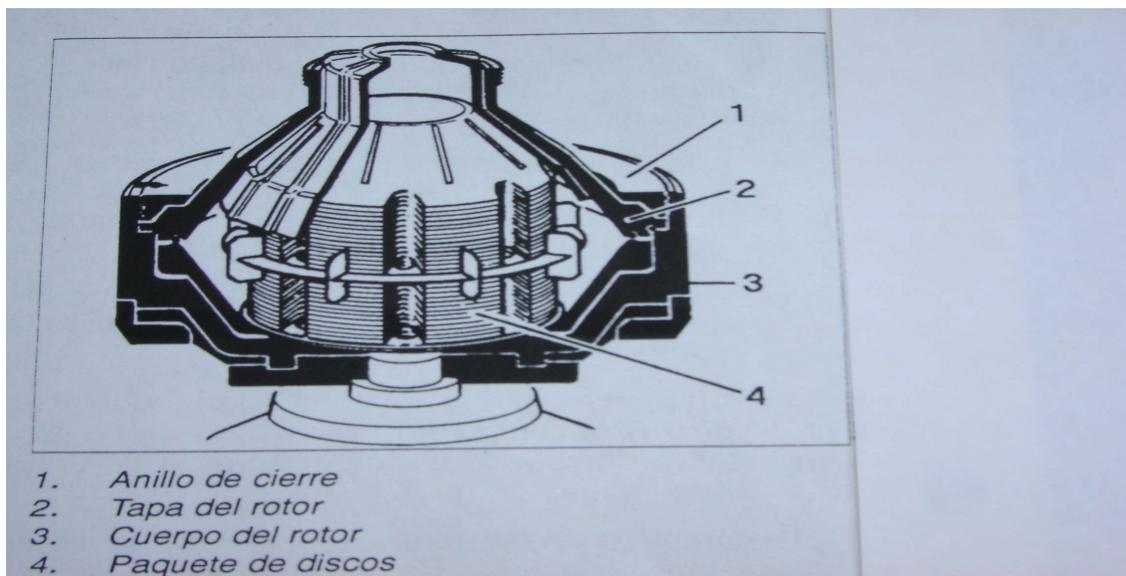
Es muy importante revisar la presencia de grietas en las piezas rotativas, y especialmente en las columnas entre las toberas de descarga de la pared del rotor.

- **Presión del paquete de discos.** Verificar que la presión del paquete de discos es suficiente para mantener el equilibrio del rotor. Una presión insuficiente del paquete de discos puede provocar vibraciones y reducir la duración de los rodamientos.

Observando la figura 25, el anillo de cierre debe presionar firmemente la tapa del rotor contra el cuerpo del rotor. A su vez, la tapa debe ejercer una presión sobre el paquete de discos, sujetándolo en posición.

Se obtiene la presión correcta cuando se puede apretar el anillo de cierre a mano hasta que la marca Φ del anillo de cierre quede colocada 60 - 90° antes de la marca del cuerpo del rotor.

Figura 25. Presión del paquete de discos



Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

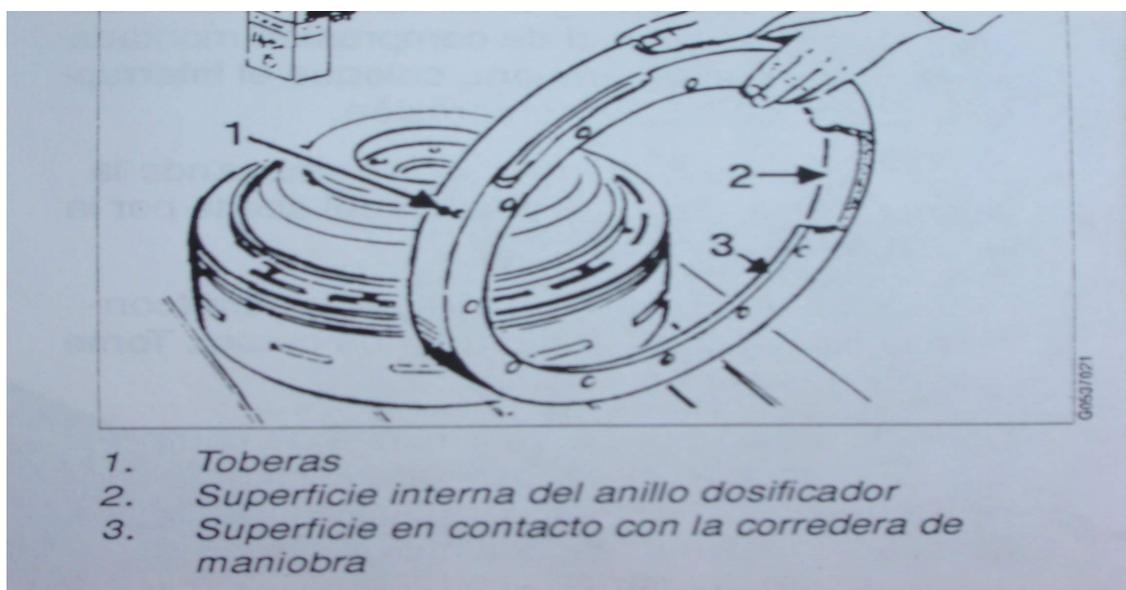
Para ello, añada un número correcto de discos en la parte superior del paquete de discos, debajo del disco superior.

Hacer avanzar la marca del anillo hasta que quede alineada con la marca que contiene el cuerpo del rotor.

- **Anillo dosificador.** Limpiar las toberas con un alambre flexible y pula la superficie con lana de acero. Inspeccionar la superficie en contacto con la corredera de maniobra. Eliminar cualquier marca con una piedra de amolar o una tela de esmeril de grano fino de tamaño 240. Ver figura 26.

- **Erosión.** La erosión puede producirse cuando las partículas suspendidas en el líquido de proceso golpean contra una superficie. La erosión se intensifica en algunas zonas debido a la presencia de un caudal muy elevado en ellas o a una mayor velocidad. La erosión máxima admisible es de 1 mm.

Figura 26. Partes del anillo dosificador



Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

La erosión se caracteriza por las partes quemadas en el material y las muescas o picaduras de aspecto granular y brillante.

Las principales superficies susceptibles de sufrir erosión son:

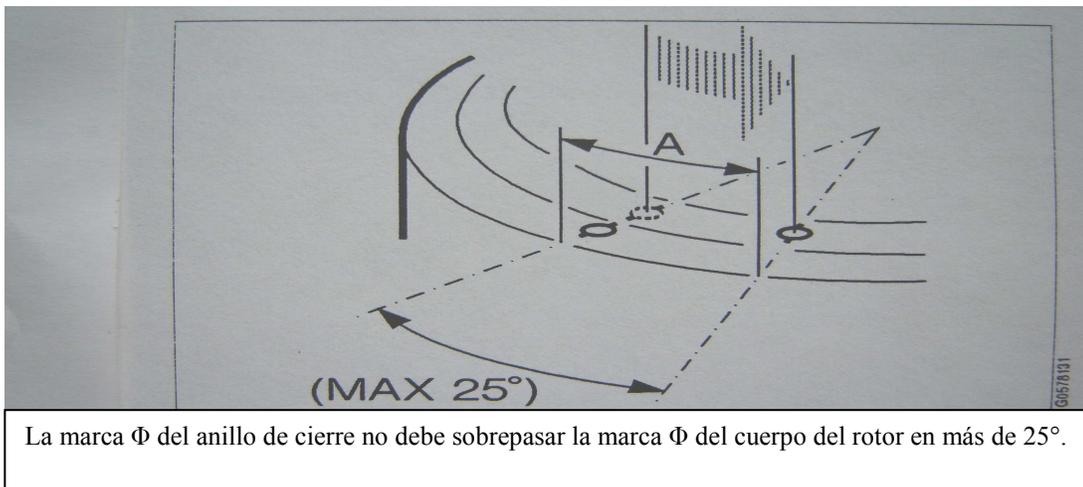
1. el disco centrípeto superior,
2. el disco superior,
3. las columnas entre las toberas de descarga y la pared del rotor,
4. el borde de sellado del cuerpo del rotor para la junta de estanqueidad en el fondo deslizante del rotor,

5. la parte inferior del distribuidor en contacto con los orificios de distribución y las aletas,
 6. la superficie del fondo deslizante del rotor orientada hacia la parte cónica del distribuidor,
 7. el borde de sellado del fondo deslizante del rotor,
- **Tubo de entrada y disco centrípeto de aceite.** El daño de las roscas y de la superficie superior del anillo de nivel puede provocar una rozadura del disco centrípeto contra la tapa de la cámara centrípeta aunque se haya ajustado correctamente la altura.
Enrosque el tubo de entrada en el disco centrípeto y compruebe que aquella gire fácilmente.
 - **Anillo de nivel.** Elimine las rebabas de la superficie del anillo de nivel con una lima con el disco centrípeto apoyado sobre esa superficie durante la comprobación de la altura.
 - **Anillo de cierre; desgaste y daños.** Un desgaste excesivo o la presencia de marcas de impactos en las roscas, las superficies de contacto y las superficies guía del anillo de cierre, la tapa del rotor y el cuerpo del rotor pueden provocar la aparición de unas rozaduras peligrosas.
El desgaste de la rosca del anillo de cierre grande no debe exceder el límite de seguridad. La marca Φ del anillo de cierre no debe sobrepasar la marca Φ del cuerpo del rotor en más de 25° . En un rotor nuevo, las marcas de alineación del anillo de cierre y del cuerpo del rotor se encuentran exactamente una enfrente de otra. Ver figura 27.

- **Corredera de maniobra.** Un sellado defectuoso entre los tapones de válvulas de la corredera de maniobra y del cuerpo del rotor puede impedir que el rotor cierre completamente. Se deben de examinar las superficies de sellado del cuerpo del rotor en contacto con los tapones de válvulas. Elimine cualquier marca y depósito de suciedad con una tela de esmeril de grano muy fino.

Revisar la superficie guía en contacto con el anillo dosificador. Elimine cualquier marca con una piedra de amolar.

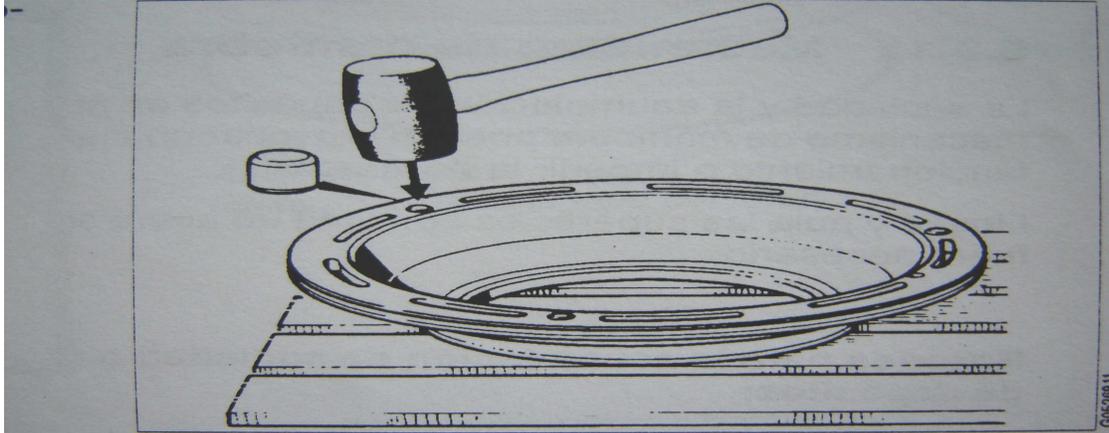
Figura 27. Alineación del anillo de cierre con el cuerpo del rotor



Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

Desmontar todos los tapones de válvulas introduciendo los nuevos tapones a presión, la altura correcta de los tapones es de 13.8 mm., ver figura 28.

Figura 28. Introducción de los nuevos tapones a presión



Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

- **Fondo deslizante del rotor.** Un sellado deficiente entre la junta de estanqueidad de la tapa del rotor y el borde de sellado del fondo deslizante del rotor puede provocar fugas de líquido de proceso desde el rotor.

Se debe comprobar el borde de sellado del fondo deslizante del rotor. Si se encuentra dañado debido a la corrosión, la erosión, u otra causa, puede ser rectificadado en un torno.

- **Muelles para el mecanismo de maniobra.** Unos muelles (resortes) defectuosos o rotos pueden impedir el cierre completo del rotor. Cambie los muelles que presenten una apariencia diferente del resto en cuanto a su longitud o que presenten algún otro defecto.

4.2.5 Servicio completo

Dentro de los puntos más importantes a comprobar durante el servicio completo en las separadoras de combustible se tienen todos los puntos comprobados en el servicio intermedio descritos en el apartado 4.2.4, por otro lado se tienen los siguientes:

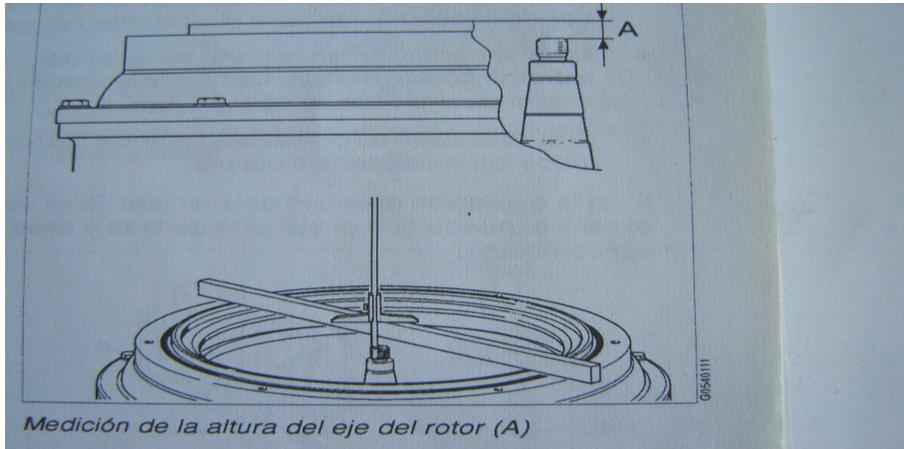
- **Eje del rotor; altura.** Si se ha desmontado el eje del rotor, se debe comprobar la altura en relación con el anillo del bastidor. Se debe:
 1. colocar una barra de acero sobre el anillo del bastidor. Mida la distancia entre la parte superior del eje y la parte inferior de la barra de acero con un calibre de profundidad o una regla graduada,
 2. la distancia (A) debe ser de 24 ± 1 mm,
 3. la altura se ajusta añadiendo o quitando anillos de ajuste de la altura dentro del alojamiento del rodamiento inferior.

Antes de comenzar a realizar algún ajuste, se debe golpear la parte superior del eje varias veces con un martillo de estaño para asegurarse de que el rodamiento inferior del eje esté bien asentado en la base del alojamiento del rodamiento. Ver figura 29.

- **Eje del rotor; oscilación radial.** Se debe comprobar la oscilación del eje del rotor si se ha desmontado éste o si se percibe un funcionamiento brusco del rotor (vibraciones).

La oscilación del eje puede provocar un funcionamiento brusco del rotor, que puede llevar a la generación de vibraciones y reducir la vida de los rodamientos.

Figura 29. Medición de altura del eje del rotor.



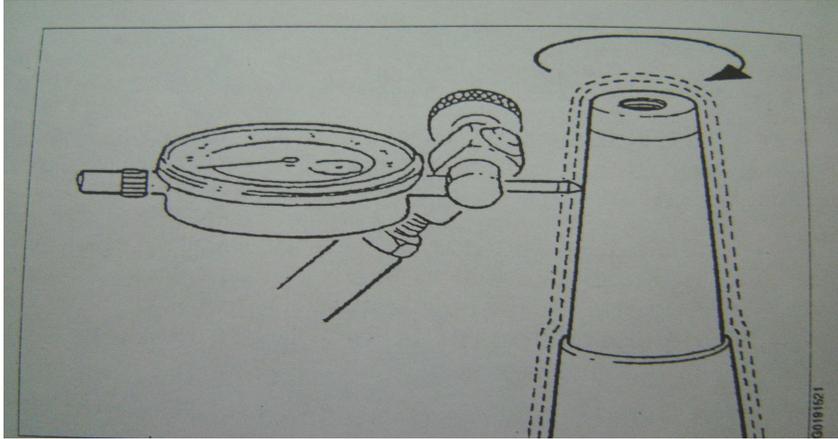
Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

Se debe comprobar la oscilación antes de montar el rotor. Antes de realizar las mediciones se debe observar que los tapones amortiguadores estén bien apretados.

1. acoplar un indicador de esfera en un soporte y sujetarlo al bastidor,
2. desmontar la tapa del freno para poder acceder al tambor de acoplamiento. Utilizar el tambor de acoplamiento para girar a mano el eje,
3. medir la oscilación en la parte superior del extremo cónico del eje. La oscilación radial máxima admisible es de 0.04 mm,
4. si la oscilación es demasiado grande, cambie todos los rodamientos del eje.

Medir la oscilación después del montaje. Si es aún excesiva, puede que el eje esté dañado y debe ser cambiado, ver figura 30.

Figura 30. Eje del rotor; oscilación radial



Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

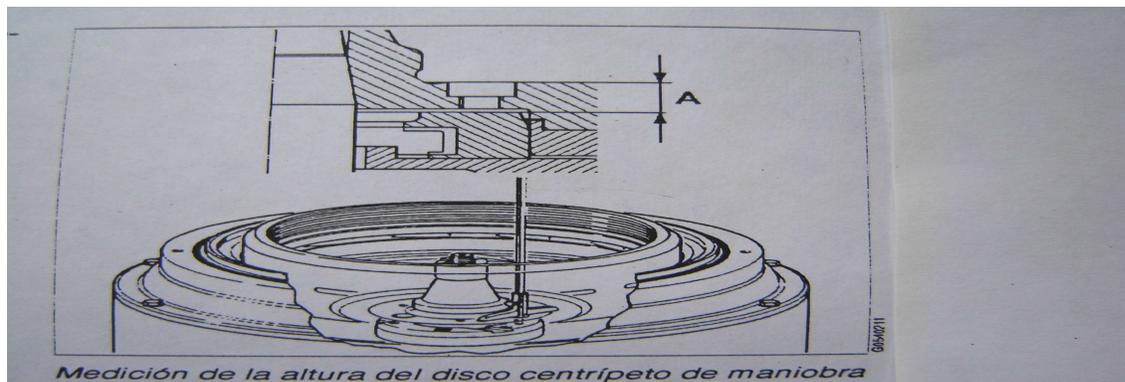
- **Freno.** Un forro de fricción desgastado o engrasado alargará el periodo de frenado. Si la zapata de fricción está desgastada se deben extraer los tornillos y cambiar la zapata de fricción.
Si el forro de fricción está engrasado:
 1. limpiar la zapata de fricción y el tambor de acoplamiento con un agente desengrasante adecuado,
 2. frotar la superficie de fricción de la zapata de fricción con una lima gruesa.
- **Zapatas de fricción del acoplamiento.** Unas zapatas desgastadas o engrasadas en el acoplamiento provocarán un tiempo de aceleración más largo. Si la separadora no alcanza la velocidad máxima en unos 10 minutos o si el rotor pierde velocidad durante la operación, puede que las zapatas de fricción del acoplamiento estén desgastadas o engrasadas.

Revisar las zapatas. Si están engrasadas se deberán de limpiar las zapatas y la parte interna del tambor de acoplamiento con un agente desengrasante adecuado. Pula las superficies de fricción de las zapatas con una lima gruesa.

Si las zapatas están desgastadas se deben de extraer los tornillos y cambiar las zapatas.

- **Disco centrípeto de maniobra; altura.** Si se ha desmontado el eje del rotor o se ha cambiado el rotor, se debe comprobar la altura del dispositivo de maniobra en relación con la parte superior del eje del rotor.
 1. montar un calibre de profundidad en la base del cuerpo del rotor. Ver figura 31. Medir la distancia entre la superficie, base, del cuerpo del rotor y la cara superior del anillo distribuidor por uno de los orificios de tornillos. La distancia (A) debe ser de 24.5 ± 0.5 mm,
 2. la altura se ajusta añadiendo o quitando anillos de ajuste de la altura de la tapa distribuidora,
 3. girar el eje después del ajuste. Si se percibe un ruido de roce, ajustar de nuevo.

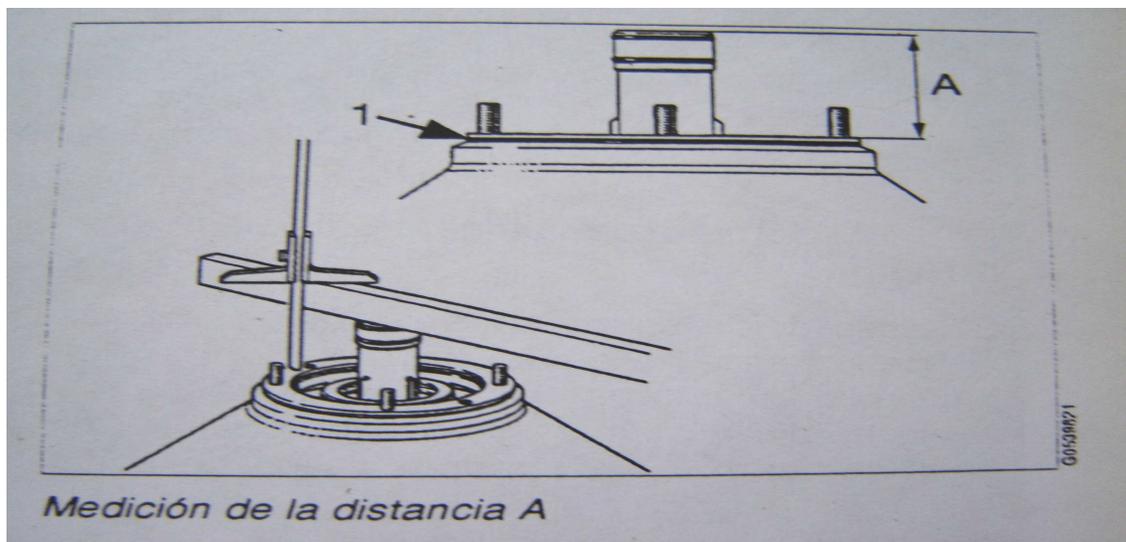
Figura 31. Disco centrípeto de maniobra; altura



Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

- **Disco centrípeto superior; altura.** Se debe comprobar la altura del disco centrípeto superior si se ha desmontado el eje del rotor o se ha cambiado el rotor.
 1. colocar una regla de acero en la parte superior del disco centrípeto superior. Medir la distancia entre la parte superior del disco centrípeto y la parte superior de la tapa del bastidor con un calibre de profundidad o una regla graduada. La distancia (A) debe ser de 81.5 ± 0.5 mm,
 2. ajustar la distancia añadiendo o quitando anillos de ajuste de la altura,
 3. con las piezas de entrada y de salida montadas, girar el eje de la rueda helicoidal a mano. Si gira de forma difícil o se percibe un ruido de roce, la causa podría ser un ajuste erróneo de la altura o un montaje incorrecto de la tubería de entrada. Ver figura 32.

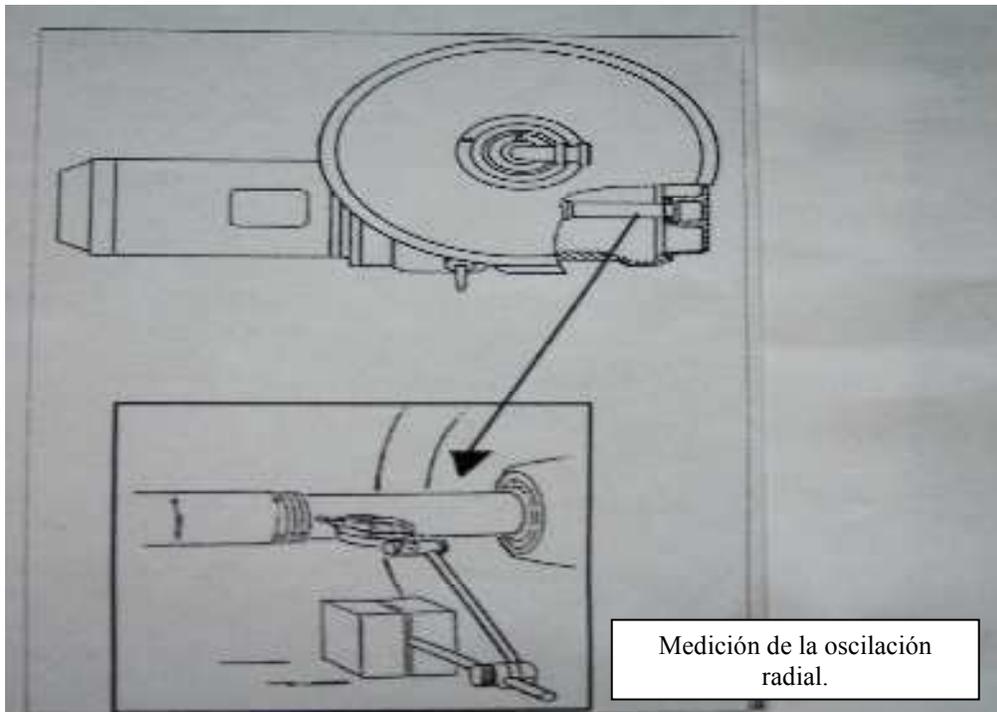
Figura 32. Disco centrípeto superior; altura



Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

- **Eje de la rueda helicoidal; oscilación radial.** Una oscilación excesiva del eje de la rueda helicoidal puede provocar vibraciones y ruidos.
Sujetar un indicador de esfera en un soporte magnético y fijarlo a la superficie de la protección de la rueda helicoidal. Girar el eje de la rueda helicoidal a mano.
La oscilación radial máxima admisible es de 0.10 mm.
Si la oscilación es mayor, se debe desmontar el eje de la rueda helicoidal del bastidor para un análisis más exhaustivo. Ver figura 33.

Figura 33. Eje de la rueda helicoidal; oscilación radial



Fuente: Manual de la separadora de combustible Alfa Laval

4.3 Capacitación al personal de mantenimiento

La capacitación al personal es un factor importante para que el sistema tenga un mejor funcionamiento. Según el formato del instructivo aplicando las normas ISO se deberá enfocarse en el seguimiento que los trabajadores le den a este documento.

Es sumamente importante que cada paso del instructivo elaborado se siga al pie de la letra para conocer el objetivo de la tarea asignada, así como las medidas de salud, seguridad y medio ambiente que deben seguirse, ya que cualquier aspecto de estos que se pase por alto podrá traer problemas tanto al trabajador como a la empresa misma.

Es importante que el personal tenga reuniones periódicas para incrementar la conciencia y el apoyo para la aplicación de las normas ISO, así como entender la importancia de las mismas.

La manera de capacitar al personal para el seguimiento de la norma ISO se realizará de forma individual, haciendo ver la importancia de cada uno de los aspectos que indica el instructivo. Por otro lado el personal de mantenimiento tendrá que realizar cada uno de los procedimientos elaborados, acompañado del personal de la implementación de la norma y con esto poder observar el desenvolvimiento de los trabajadores manejando estos instructivos.

4.3.1 Descripción de los instructivos

Según la descripción del instructivo elaborado aplicando las normas ISO 9001:2000, se debe puntualizar en los siguientes temas para todo el personal:

- el objetivo de la tarea asignada,
- el alcance hacia quién va dirigida la tarea,

- las descripciones y terminologías que se utilizan en el desarrollo de la tarea,
- las precauciones de salud, seguridad y medio ambiente que se deben tener,
- las condiciones preliminares para realizar la tarea,
- el desarrollo de la tarea,
- los registros que se generaron con dicha tarea,
- los anexos que pueda tener el documento con respecto a la tarea.

Además de estos puntos, se puede enfatizar siempre en el aspecto tanto de lo que son propiamente las normas ISO, como el aspecto de seguridad industrial, el cual muchas veces se toma de manera poco importante en la empresa y por el contrario es el aspecto más importante que se debe de manejar para el bienestar propiamente del trabajador, ya que el descuido de este aspecto puede ocasionar hasta la muerte.

4.3.1.1 Objetivo

El objetivo de dar capacitación al personal con relación a las normas ISO, es dar a conocer el fundamento de lo que significa implementar las normas ISO en la planta, y no es más que garantizar calidad tanto en el trabajo que se realiza como en el producto que se obtiene teniendo en cuenta que la única manera de demostrarlo es documentándolo.

Por otro lado es recomendable que tanto los gerentes como los supervisores ayuden realizando algún tipo de formatos evaluación hacia el personal en el sentido del interés y seguimiento que estos le den a la implementación de las normas, ver figura 34.

Es importante que la empresa se preocupe en la seguridad e higiene industrial del trabajador, como renovar el equipo básico de seguridad, botas, casco y lentes cada 6 meses por lo menos, la importancia del lavado de los tapones auditivos permanentes, la limpieza después de cualquier trabajo; invertir en las conexiones a tierra de todos los equipos y sistemas que se manejan en la Planta; instalaciones de grúas donde existan desmontajes de piezas pesadas; dar capacitación constante de las rutas de evacuación, uso de equipo del sistema contra incendios, el buen uso de escaleras y andamios, los procedimientos de bloqueo y señalización, y los aspectos importantes en cuanto a soldadura se refiere.

Figura 34. Formato de evaluación al personal con respecto a la implementación de la norma ISO 9001:2000

FORMATO DE EVALUACIÓN DE NORMA ISO		
Guatemala ____ de ____ del ____		
NOMBRE DEL TRABAJADOR: _____		
CÓDIGO DEL TRABAJADOR: _____		
DEPARTAMENTO AL QUE PERTENECE: _____		
TAREA QUE REALIZO: _____ _____		
ASPECTOS DE EVALUACIÓN		
1. CUMPLIO CON LOS OBJETIVOS DE LA TAREA	SI	NO
2. CUMPLIO CON LAS PRECAUCIONES DE SALUD, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	SI	NO
3. CUMPLIO CON LAS CONDICIONES PRELIMINARES	SI	NO
4. CUMPLIO CON EL DESARROLLO DE LA TAREA	SI	NO
OBSERVACIONES _____ _____ _____		

Fuente: Propuesta de formato de evaluación de norma ISO

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

Toda implementación debe de tener un seguimiento y aspectos en los cuales se puede mejorar el sistema actual. A continuación se presentan algunos factores en los cuales se logro mejorar con la implementación y las propuestas en las cuales se tendrá que trabajar para seguir mejorando el sistema.

5.1 Índices de mejora

Los índices de mejora demuestran en la mayoría de los casos en forma numérica el resultado de la implementación de algún sistema, ver figura 35. Para el caso de la implementación del mantenimiento preventivo en las separadoras de combustible estos son los índices que se obtuvieron.

5.1.1 Eficiencia de la maquinaria

Para hablar de eficiencia de maquinaria aplicando un mantenimiento preventivo se tiene que segmentar de dos formas:

- 1. Índice de pureza del combustible.** Para que la separadora trabaje de una manera eficiente el combustible tratado tendría que salir de la unidad centrífuga $\leq 0.05 \%$ de impurezas, según las indicaciones del fabricante, un porcentaje mayor a este indica que la separadora tiene algún tipo de problema en su funcionamiento de limpieza, con lo cual se tendría que desarmar para realizar una inspección de dicha falla. Por esto es importante cumplir con los mantenimientos programados y no sufrir este tipo de paros innecesarios que lo que provocan es un tiempo muerto en la unidad y un desperdicio de horas / hombre, que se pueden aprovechar en otro trabajo.

Con el mantenimiento preventivo programado para la separadora el índice de pureza del combustible se mantiene por lo regular en un parámetro de 0.01 – 0.03 % de impurezas, lo cual indica que es un dato aceptable, lamentablemente no se lleva un registro en el cual se pueda controlar semanalmente este parámetro, con lo cual la propuesta para llevar un registro se muestra en la figura 35.

Figura 35. Formato propuesto para índice de pureza de combustible

Hora	Fecha	No. de separadora	Índice de pureza (%)	Índice anterior	Diferencia de índices
8 AM	07/04/2005	1	0.04	0.06	- 0.02
8 AM	15/04/2005	1	0.04	0.04	0
8 AM	23/04/2005	1	0.05	0.04	+ 0.01

Fuente: Propuesta de formato para el manejo del índice de pureza de combustible

Lo que indica la tabla anterior es un ejemplo del formato que se puede manejar para controlar la pureza con la cual el combustible sale de la separadora. El formato cuenta con los siguientes encabezados:

- **Hora.** Indica la hora en la cual la lectura fue tomada de la separadora.
- **Fecha.** La fecha en la cual se realizo la lectura.
- **No. de separadora.** Debido a que existen cuatro separadoras en el cuarto de separadoras se tiene que explicar a que separadora se le realizo la lectura.
- **Índice de pureza (%).** Dado en porcentaje, el cual tiene que ser menor o igual a 0.05% para obtener una eficiente combustión en los motores, ya que las impurezas y el agua son causantes de una mala combustión en los motores de combustión interna.

- **Índice anterior.** Dado en porcentaje, nos indica cual fue el índice obtenido anteriormente y nos da la pauta del estado de la separadora.
 - **Diferencia de índices.** No es más que la resta del índice actual con el índice anterior. Si la diferencia de índices nos da un signo positivo (+), indica que la separadora aumento de porcentaje de impurezas y se tendrá que realizar una inspección de la causa, si el aumento no excede 0.05% indica que esta dentro de los parámetros, pero si esta por arriba de 0.05% se tendrá que realizar una inspección más especializada y analizar si alguna de las piezas esta sufriendo algún tipo de desgaste. Si la diferencia es cero indica que la separadora trabaja de igual manera. Si la diferencia es negativa (-) indica que la separadora redujo su porcentaje de impureza a causa de algún mantenimiento aplicado.
- 2. Índice de vibración.** La vibración en la separadora de combustible debe de estar en **11.2 mm/s**, como máximo. Una vibración por arriba de este parámetro indica que la separadora necesita un mantenimiento y por lo tanto se debe de detener, para realizar una inspección en los puntos de control para el análisis de vibración, ver figura 18. Es recomendable realizar esta prueba como mínimo una vez a la semana, debido a que en la planta no se realiza en el tiempo que debería de ser, ver figura 36. Es importante este punto ya que puede llegar a causar una desintegración de alguna pieza dentro de la separadora y causar muchos más problemas.

Figura 36. Formato de control de vibraciones en las separadoras de combustible

FORMATO DE CONTROL DE VIBRACIONES EN LAS SEPARADORAS DE COMBUSTIBLE				
MES DE _____				
No. DE SEPARADORA	PARÁMETRO DE VIBRACIÓN (mm/s)	EMPLEADO QUE REALIZO LA MEDICIÓN	DÍA DEL MES	FIRMA

Fuente: Propuesta de formato para el control de vibraciones en separadoras de combustible

5.1.2 Optimización del tiempo de trabajo

La optimización del tiempo de trabajo que se tiene al aplicar un mantenimiento preventivo, ver figura 38, tanto en la separadora, como en cualquier otro equipo de la planta se debe a que al aplicar un mantenimiento preventivo, el gerente de mantenimiento ya tiene estipulado ese tiempo para realizar dicha tarea en ese preciso momento, con lo cual se asegura, tal vez no al 100% que la maquinaria no tendrá problema después de aplicar el mantenimiento, y por ende se podrá atender otra tarea. Por el contrario si no se tuviera planificado el mantenimiento a esta maquinaria en especial, puede ser que algún mecánico este realizando otra tarea y tendrá que dejar de realizarla para atender a la separadora, dejando de hacer la tarea que se le había asignado ese día.

Por lo tanto esta tarea de menor importancia pero que de alguna manera se tiene que terminar, se tendrá que realizar otro día con lo cual se desperdicia el tiempo que se había estipulado, ya que a pesar de que esta atendiendo a la separadora, la pérdida de tiempo se deberá a:

- encontrar herramienta para el otro trabajo,
- solicitud de orden de trabajo,
- asegurarse de que en el área se cuente con el equipo adecuado.

Se comprende que un mantenimiento preventivo esta expuesto a tener fallas no planificadas y por esto se aplican mantenimientos correctivos. Pero teniendo una buena planificación se podrá optimizar el mayor tiempo posible en dicha área. Por esto es necesario mantener algún tipo de formato en el cual se lleve un control diario de las tareas asignadas a cada miembro del departamento de mantenimiento, ver figura 37. Por ejemplo, supongamos que un mecánico esta trabajando en la limpieza de algún filtro de aceite del motor, pero en el área de las separadoras el cambio de aceite se tiene que realizar cada 1000 horas y se tienen 2000 horas de trabajo y todavía no se ha realizado el cambio de aceite. Como se suponía la separadora ese mismo día empieza a tener problemas debido al aceite sucio que contiene y se tiene que solventar ese problema lo antes posible. El mecánico debe guardar toda la herramienta utilizada en la limpieza del filtro, deberá sacar la herramienta para el cambio de aceite en la separadora, tendrá que pedir una orden de trabajo seguro y deberá percatarse de que el equipo que esta en la casa de separadoras es el adecuado, sino tendrá que buscarlo. Para todo esto como mínimo el mecánico ya perdió dos horas en las cuales no se ha realizado nada más que prepararse para realizar el cambio de aceite.

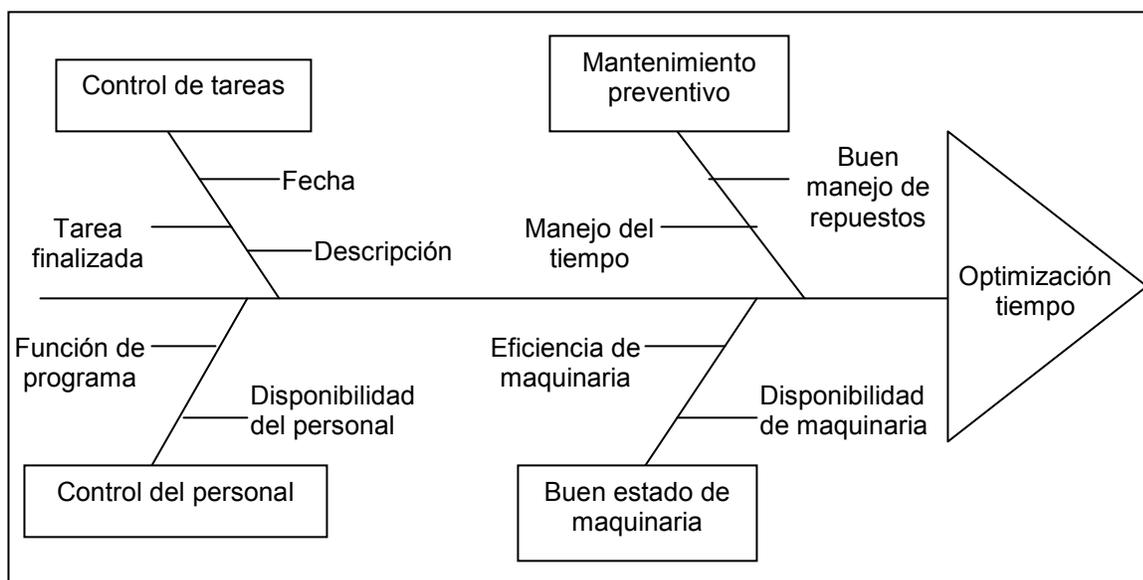
Situaciones como estas son las que pasan en las plantas al no tener una planificación, porque por muy sencillo que sea realizar un cambio de aceite, no se hubiera perdido tiempo o tal vez se hubiera perdido menos, si se hubiera realizado este cambio a las 1000 horas como esta estipulado.

Figura 37. Formato para el control de tareas diarias de mantenimiento

FORMATO DE CONTROL DE TAREAS DIARIAS			
		Guatemala ____ de ____ del ____	
NOMBRE DEL TRABAJADOR: _____			
TAREAS ASIGNADAS	CUMPLIO CON LA TAREA		
1. TAREA No. 1	SI	NO	POR QUÉ _____
2. TAREA No. 2	SI	NO	POR QUÉ _____
3. TAREA No. 3	SI	NO	POR QUÉ _____
SUPERVISOR DE LA TAREA: _____			

Fuente: Propuesta de formato para control de tareas diarias en mantenimiento

Figura 38. Diagrama causa-efecto de la optimización del tiempo de trabajo, por mantenimiento preventivo aplicado



Fuente: Propuesta de diagrama causa-efecto de optimización del tiempo

5.2 Beneficios que se generaron

Debido a la implementación del mantenimiento preventivo aplicando las normas ISO los beneficios más importantes que se generaron son.

5.2.1 Menor contaminación ambiental

Con la implementación de las normas ISO en el departamento de mantenimiento se le da un enfoque al medio ambiente en el cual los puntos de mayor realce son:

- **Indicaciones en la documentación** con relación a las medidas de precaución con respecto al medio ambiente, ver apartado 3.4.4.3. Lo que se pretende con esta documentación a la hora que se de una orden de trabajo a cualquier persona que labore en el departamento de mantenimiento, es que siga las instrucciones de acuerdo a lo que dice con respecto al medio ambiente, para esto la planta cuenta con depósitos adecuados en los cuales contiene los desechos, los cuales serán recolectados por algún camión para que luego este se encargue de arrojarlos en lugares adecuados en la ciudad, siempre con la debida inspección del personal de la planta.
- **Combustible puro.** Aunque la purificación del combustible repercute más en la calidad de combustión que tenga el motor, el aspecto del medio ambiente con el cual contribuyen las separadoras de combustible con respecto al combustible tratado que sale de ellas. Si esta combustión es sucia los gases de escape que salen serán de igual manera por lo cual se tendrá una contaminación en relación mayor a la que se tendría con un combustible limpio.

El estudio de impacto ambiental realizado en la Planta indica, que tanto las emisiones al aire reguladas como no reguladas tienen el potencial de impacto adverso sobre las poblaciones y ecosistemas vecinos. Como mínimo, las emisiones al aire tienen el potencial de atraer la atención de la comunidad hacia las operaciones y emisiones de la instalación.

Por esto es importante la purificación del combustible utilizado en Planta, para evitar que los gases de escape provenientes de la combustión de los motores sean emisiones al aire reguladas.

5.2.2 Disposición de repuestos en almacén

Esta mejora se genera con la interrelación que se tendrá entre el almacén de repuestos y el departamento de mantenimiento por medio de su planificador de compras. El problema que se tenía es que el departamento de mantenimiento utiliza un programa distinto con relación al del almacén, lo cual indica que el planificador necesite algún repuesto pero no lo puede consultar en el programa debido a la incomunicación que se tiene. Entonces al tener una relación entre estos departamentos se obtiene:

- Disposición de repuestos con el manejo de un máximo y un mínimo de cada repuesto o por lo menos de los que más se consumen.
- Se optimiza tiempo, ya que muchas veces por falta de repuestos se tiene que mandar a comprar afuera de la planta, con lo cual se pierde tiempo y a la vez puede darse el caso de utilizar piezas de mala calidad.
- Una misma codificación de repuestos que antes no se tenía, lo cual agiliza la búsqueda de algún repuesto en especial.
- Un ahorro de trabajo de ambos departamentos, ya que se evita que el encargado de planificación consulte verbalmente al encargado del almacén, los repuestos que se tienen disponibles para algún mantenimiento.

5.2.3 Reducción de paros en las separadoras

Al mantener un mantenimiento planificado en las separadoras de combustible, se redujo el porcentaje de paros inesperados por falta de mantenimiento de un 15% a un 4% anual.

Estos paros no solo reducen el flujo de combustible puro enviado hacia los tanques, sino que contribuyen a la pérdida de tiempo en el trabajador, ya que tiene que dejar de atender algún mantenimiento por inspeccionar el fallo de la separadora.

5.3 Círculos de calidad en el área de mantenimiento

Los círculos de calidad son pequeños grupos desarrollados en Japón en 1963 para ayudar a resolver problemas. La esencia es la solución participativa de problemas en grupos de ocho a diez personas, que incluyen operarios, ingenieros y administradores. Es importante tener participantes de cada departamento involucrado en el proceso. Se da capacitación especial a los voluntarios sobre técnicas aplicadas en la labor que desempeñan y es común que las juntas se realicen una a dos veces al mes. Con la ayuda de algún facilitador, él selecciona un problema que sea causa de defectos en las tareas desempeñadas o en el mal uso de las herramientas de trabajo, y potencialmente llegar a una solución.

A. Recomendación para el uso de círculos de calidad

Es recomendable realizar una reunión cada quince días de por lo menos una hora, para analizar los problemas que se tienen en el departamento de mantenimiento, en el cual se puede incluir al encargado del almacén de repuestos.

En esta reunión el gerente de mantenimiento deberá ser la persona indicada para plantear el problema a resolver y además observar los problemas de otro punto de vista. Dentro de los puntos claves que se deben de tratar en estas reuniones tenemos:

- el respeto entre los mismos trabajadores de distintas edades,
- el manejo del uso de herramienta y equipo, ya que no todas las personas trabajan de igual manera,
- el seguimiento de las normas ISO en la planta, es importante que los trabajadores conozcan la importancia del manejo de las normas en la planta, ya que esto repercute tanto en la empresa como en los mismos trabajadores,
- propuestas de mejores maneras de realizar alguna tarea en especial, porque existen casos en que un trabajador realiza determinada tarea con mayor facilidad que otro, y esto podría ser útil para los demás del departamento,
- la interrelación entre los trabajadores del departamento de mantenimiento con el encargado del almacén de repuestos.

Dichas reuniones tendrán que ser de carácter obligatorio para tener la mayor participación del personal, se podrá incentivarlos con algún tipo de refrigerio, es importante que el gerente de mantenimiento tome en cuenta un formato de control, ver figura 39.

5.4 Mejoras en las políticas del uso de herramienta

En la mayoría de plantas las herramientas son de uso común, ya que las pueden agarrar hasta personas que no son del departamento mecánico y el problema es que muchas veces utilizan una herramienta de mala manera y lo que se ocasiona es el daño a la herramienta.

Otra cosa en común es la pérdida de las herramientas por no prestar atención en donde se dejan o por sacar demasiadas herramientas a la vez sin necesidad de utilizar todas, por esto es importante observar la utilización de los documentos implementados con la norma ISO, por parte del personal de mantenimiento, para que cumplan con el adecuado manejo de las herramientas.

Para esto es necesario crear políticas en cuanto al uso de herramienta por parte del departamento de mantenimiento para evitar situaciones como las ya mencionadas.

Dentro de las condiciones que se deben de tener para implementar las políticas en el uso de herramientas están:

- que cada miembro del departamento mecánico tenga por lo menos un juego de herramientas (las más utilizadas en la planta, como llaves, desarmadores, etc.),
- llevar un control de la duración que tienen estas herramientas en cada uno de los trabajadores, en el inventario de bodega que lleva a cargo el encargado de la misma,
- colocar en las ordenes de trabajo, las herramientas necesarias que se utilizarán para determinada tarea,
- capacitación constante al departamento mecánico del mejor uso de las herramientas, ya que muchas veces no saben como utilizarlas,
- Incentivar a las personas que cuidan su herramienta y a la vez insistirles en que aconsejen a sus demás compañeros de como utilizarlas.

5.5 Mejoras en las políticas del uso del equipo.

Los equipos son utilizados en la mayoría de las plantas de mala manera y por utilizarlos de esta forma se llegan a dañar equipos de sofisticados de muy alto costo. Es por esto que se deben de manejar políticas en relación al uso del equipo.

Las condiciones que se deben de seguir para implementar nuevas políticas para el uso del equipo son:

- capacitar al personal de mantenimiento para la utilización del equipo por medio de los proveedores,
- utilizar el equipo adecuado para la tarea indicada, ya que muchas veces se utilizan equipos inadecuados en algunas tareas,
- si se utiliza la mesa metálica para realizar algún trabajo, al finalizar el trabajo la mesa debe de quedar limpia sin ninguna herramienta o material ya que obstruye el trabajo de otro mecánico,
- utilizar el montacargas para cargar únicamente objetos pesados, de acuerdo al peso que soporte. No se debe de utilizar como “escalera” ya que puede traer consecuencias graves para el trabajador,
- no utilizar equipos eléctricos cerca de la humedad, porque puede ocasionar algún accidente y el daño del equipo,
- el supervisor deberá observar la condición en que el mecánico inicio el trabajo con el equipo y al finalizar observar que el equipo este en buen estado, sino averiguar la razón del daño para reportárselo al gerente y tomar una decisión según sea el caso.

5.6 Capacitación constante a los trabajadores.

La capacitación es un factor importante para que la implementación tenga un mejor funcionamiento. Según los resultados obtenidos se debe puntualizar en los siguientes temas para todo el personal:

1. La importancia de las Normas ISO.
2. Manejo de montacargas.
3. Equipo de protección de personal.
4. Precauciones de salud, seguridad y medio ambiente.
5. La importancia de los Círculos de Calidad.
6. Manejo de herramientas.
7. Integridad grupal.

Figura 39. Formato para el Control de los Círculos de Calidad

REUNION DE CIRCULOS DE CALIDAD			
FECHA: _____			
HORA: _____			
TEMA: _____			
PARTICIPANTES	AREA A LA CUAL PERTENECE	PARTICIPACION EN LA REUNION (A, B, C)	FIRMA
PROMEDIO: _____			
COMENTARIOS: _____			

NOTA: Los rangos de participación en la reunión serán tres los cuales se describen en la siguiente tabla.			
A	B	C	
Significa que la persona fue participativa, por lo tanto si el promedio es A la reunión de ese día es de alto significado, por los problemas que se dan con respecto a este tema.	Significa que la persona participo pero de manera mínima, por lo tanto este promedio indica que la reunión fue de carácter regular.	Significa que la persona no participo para nada, por lo tanto este promedio indica que la reunión no fue buena, ya que este tema no tiene ningún problema en la planta, y no es bueno volver a debatirlo.	

Fuente: Propuesta del formato para control de círculos de calidad

Para el personal como supervisores y gerencia, se les debe capacitar también en el uso de los formatos de evaluación para la realización de evaluaciones y auditorías con relación a esta implementación

CONCLUSIONES

1. Con la implementación de los instructivos aplicando la norma ISO 9001:2000 en el departamento de mantenimiento, se tendrá la ventaja de que trabajadores nuevos que entren al área de mantenimiento podrán familiarizarse más rápido con los equipos debido a las ilustraciones de estos equipos y saber qué precauciones se deberá tener al realizar dicho mantenimiento.
2. El área de las separadoras de combustible tendrá un mantenimiento preventivo o programado medido en horas de trabajo de la maquinaria en el cual se realizarán trabajos desde una inspección hasta un mantenimiento completo, en el cual se cambiarán las piezas que están más propensas a desgastes. Esto ayudará a que las máquinas trabajen, eficientemente, y los paros inesperados se redujeran en un 11%.
3. Para comprobar si los mantenimientos programados se están realizando de una manera eficiente se deberá comprobar si el índice de impureza del combustible expulsado de las separadoras es menor a 0.5%, lo cual indica que la separadora mantiene su limpieza en buen nivel. Por otro lado, verificar que las vibraciones no excedan de 11.2 mm/s.
4. Con la implementación de normas ISO en la planta, también, es necesario realizar una capacitación constante al personal para que sepan de la importancia de estas normas. Esto se puede complementar con círculos de calidad los cuales se recomiendan realizarse cada quince días o por lo

menos una vez al mes. Asegurarse que el personal utilice los instructivos implementados para tener un control en cuanto a salud, seguridad y medio ambiente en la Planta.

5. Dentro de los aspectos del taller de mantenimiento es importante trabajar en cuanto al uso de las herramientas y equipo que se tiene ya que estas no son utilizadas de la mejor manera. Para ello, se deberá tener un encargado el cual evalúe el trato hacia el equipo y herramienta por parte de los trabajadores de la planta.

RECOMENDACIONES

1. Para poder tener las separadoras con la mejor disposición es necesario cumplir a cabalidad el mantenimiento preventivo propuesto, de lo contrario se pueden dar problemas serios en las maquinas.
2. Es necesario darle a los trabajadores capacitaciones constantes en el proceso de certificación, para que sepan la importancia de esta certificación y las medidas que se deben de seguir dentro de la planta con respecto a esto.
3. La importancia de la interrelación entre el departamento de mantenimiento y el almacén es sumamente importante para cumplir con los mantenimientos programados.
4. Los círculos de calidad que se puedan implementar en la planta servirán para solventar cualquier tipo de problema que se tenga entre los trabajadores con respecto al departamento de mantenimiento o hacia la planta en general.
5. Es importante darle seguimiento a las mejoras en el uso de herramienta y equipo, ya que, es motivo de problema no contar con la herramienta en buen estado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Niebel, Benjamín. **Ingeniería Industrial: métodos, tiempos y movimientos**. 9ª. Edición. México: Alfaomega, 1996.
2. M. Muñoz, F. Payri. **Motores de combustión interna alternativos**. Valencia: Serv. Public. U.P., 1984.
3. LEE, Harrison. **Manual de auditoría medioambiental, higiene y seguridad**. 2ª. Edición. México: McGraw-Hill. 1996.
4. Sistemas de gestión de la calidad – fundamentos y vocabulario: Guatemala. **COGUANOR NGR/ISO 9000**, 2da. revisión, 2000.
5. Sistemas de gestión de la calidad – requisitos: Guatemala. **COGUANOR NGR/ISO 9001**, 2da. revisión, 2000.
6. Sistemas de gestión de la calidad – directrices para la mejora del desempeño: Guatemala. **COGUANOR NGR/ISO 9004**, 1era. revisión, 2000.
7. Morales Rodríguez, Claudio Ramón. **Propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para un sistema de generadores diesel de 18 cilindros en V de la planta Genor, Izabal**. Tesis Ing. Mecánico. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 1997.

8. Morales Solís, Elder Armando. **Criterios para la selección, instalación y mantenimiento de los sellos mecánicos instalados en las bombas para aceites combustibles, en la unidad 100 del área de proceso de la refinería Texaco, Escuintla, Guatemala.** Tesis Ing. Mecánico. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2000.

9. Mansilla Penados, Gerardo. **Implementación para un procedimiento para el adecuado mantenimiento preventivo en una empresa de servicios de equipos de refrigeración comercial, basado en la norma ISO 9001:2000.** Ing. Mecánico-Industrial. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2001.

ANEXOS

1. NIVELES PARA LA CLASIFICACIÓN DE RIESGOS DE CONTAMINACIÓN AL MEDIO AMBIENTE

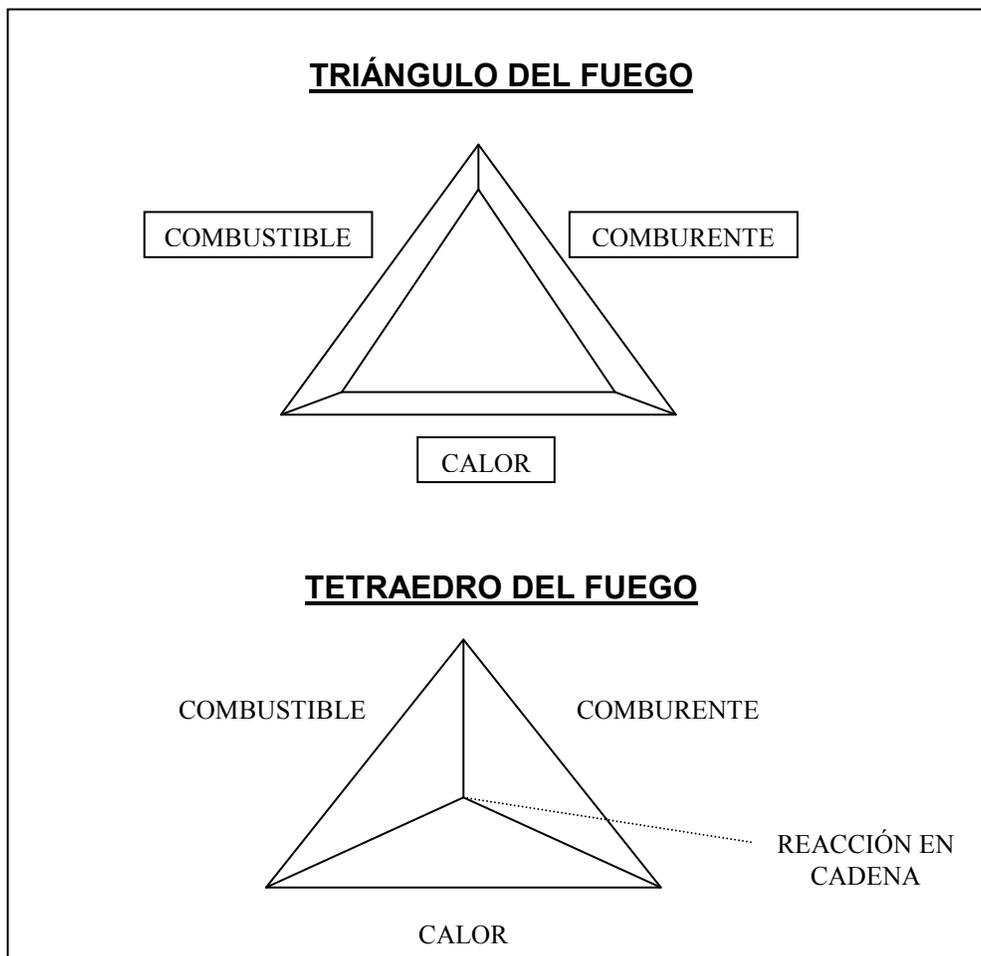
Tabla V. Niveles para la clasificación de riesgos de contaminación al medio ambiente

NIVEL DE DAÑO	SIGNIFICADO
N	Ninguno, es un desecho que se produce y se puede eliminar fácilmente, y si entra en contacto con el medio ambiente sus consecuencias son mínimas.
B	Bajo, es un desecho que se puede almacenar fácilmente y su contacto con el medio ambiente puede ser perjudicial a largo plazo.
MO	Moderado, es un desecho que se puede almacenar fácilmente pero su eliminación es difícil y se entra en contacto con el medio ambiente puede provocar daños a mediano plazo.
A	Alto, es un desecho que es difícil de eliminarlo y se produce en altas cantidades y si entra en contacto con el medio ambiente provocaría daños a corto plazo.
IN	Intolerable, es un desecho difícil de manejar y de eliminar, no importando la cantidad de éste, el contacto con el medio ambiente provocaría serios daños e inmediatos, en algunos casos irremediables.

2. ELEMENTOS DEL FUEGO

Hay cuatro elementos que intervienen para que la combustión, el fuego y el incendio se materialicen, los cuales son: combustible, calor, oxígeno o comburente. A estos se representa con un triángulo llamado el triángulo del fuego, pero existe otro factor, una reacción química en cadena que interviene de manera decisiva. Si se interrumpe la transmisión de calor de unas partículas a otras del combustible, no será posible la continuación del incendio, entonces obtendremos un tetraedro del fuego, que representa una combustión con llama.

Figura 40. Elementos del fuego



3. NORMA COGUANOR NGR/ISO 14001

Esta Norma Internacional especifica los requisitos relativos a un sistema de gestión ambiental para permitir que una organización formule una política y unos objetivos, teniendo en cuenta los requisitos legales y la información relativa a los impactos ambientales significativos. Es aplicable a aquellos aspectos ambientales que la organización puede controlar y sobre los que puede esperarse que tenga influencia. No establece, por sí misma, criterios de desempeño ambiental específicos.

Esta Norma Internacional se aplica a cualquier organización que desee:

- Implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión ambiental;
- Asegurarse de su conformidad con su política ambiental establecida;
- Demostrar tal conformidad a otros;
- Procurar la certificación/registro de su sistema de gestión ambiental por una organización externa;
- Realizar una autoevaluación y una autodeclaración de conformidad con esta Norma Internacional.

Todos los requisitos de esta Norma Internacional tienen como fin su incorporación a cualquier sistema de gestión ambiental. La amplitud de su aplicación dependerá de factores tales como la política ambiental de la organización, la naturaleza de sus actividades y las condiciones en las que opera.

4. NORMA TÉCNICA NTC-OHSAS 18001

Esta norma de la serie Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (SG S & SO) indica los requisitos para un sistema de administración y salud ocupacional (S & SO), que permiten una organización controlar sus riesgos de S & SO y mejorar su desempeño. No establece criterios determinados de desempeño en S & SO, con condiciones detalladas para el diseño de un sistema de administración.

Esta norma SGS & SO es aplicable a cualquier organización que desee:

- Establecer un Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional (SG S & SO) con objeto de eliminar los riesgos para los empleados y otras partes interesadas;
- Implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión en S & SO;
- Asegurar por si misma su conformidad con la política establecida en S & SO;
- Demostrar tal conformidad a otros;
- Buscar certificación/registro de su SG & SO por parte de una organización externa; o
- Hacer una autodeterminación y declaración de conformidad con esta norma.

Todos los requisitos de esta norma están diseñados para ser incorporados a cualquier sistema de gestión en S & SO. El alcance de la aplicación dependerá de factores tales como la política de S & SO de la organización, la naturaleza de sus actividades, los riesgos y la complejidad de sus operaciones.

Esta norma esta dirigida a la seguridad y la salud ocupacional y no a la seguridad de los productos y servicios.

5. SIMBOLOGÍA DE PRECAUCIÓN INDUSTRIAL

Tabla VI. Simbología de precaución industrial

 PRECAUCION #01	 PRECAUCION SUSTANCIA TOXICA #02	 PRECAUCION SUSTANCIA CORROSIVA #03	 PRECAUCION MATERIAL INFLAMABLE #04	 PRECAUCION CORRIENTE Y CONTACTO #05	 PRECAUCION MATERIAL EXPLOSIVO #06
 PRECAUCION RIESGO ELECTRICO #07	 PRECAUCION RADIACION LASER #08	 PRECAUCION RIESGO BIOLÓGICO #09	 PRECAUCION PRENSA #10	 PRECAUCION RUIDO INTENSO #11	 PRECAUCION VAPORES TOXICOS #12
 PRECAUCION ZONA DE MANIOBRAS #13	 PRECAUCION MATERIAL INCANDESCENTE #14	 PRECAUCION CON ESQUIRLAS #15	 PRECAUCION CON TOLVAS #16	 PRECAUCION CON FOSA #17	 PRECAUCION CON ESCALERA #18
 PRECAUCION PISO RESBALOSO #19	 PRECAUCION ALTA FRECUENCIA #20	 PRECAUCION BAJA TEMPERATURA #21	 PRECAUCION CON SALIENTES #22	 PRECAUCION PARTES EN MOVIMIENTO #23	 PELIGRO ALTO VOLTAJE #24
 PRECAUCION TIERRA FISICA #25	 PRECAUCION CAMPO MAGNETICO #26	 PRECAUCION CON SOLDADURA #27	 PRECAUCION CARGA PESADA #28	 PRECAUCION PRENSA TRABAJANDO #29	 PRECAUCION PUEDE CAER #30
 PRECAUCION OBJETOS CAYENDO #31	 PRECAUCION OBJETOS NO FIJOS #32	 PRECAUCION MONTAJE EN SERVICIO #33	 PRECAUCION CON GRUAS #34	 PRECAUCION USE EL PASAMANOS #35	 PRECAUCION ZONA DE CARGA Y DESCARGA #36
 PRECAUCION ZONA DE CARGA Y DESCARGA #37	 PRECAUCION HOMBRES TRABAJANDO #38	 PRECAUCION EQUIPO EN MANTENIMIENTO #39	 #40	 #41	 #42