



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

**PROPUESTA DE UNA GUÍA PARA MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE BOMBEO
CONTRA INCENDIOS IMPULSADOS POR MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA**

Eddy Fernando Díaz Díaz

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, noviembre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UNA GUÍA PARA MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE BOMBEO
CONTRA INCENDIOS IMPULSADOS POR MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDDY FERNANDO DÍAZ DÍAZ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANIBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. Jose Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortíz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA DE UNA GUÍA PARA MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE BOMBEO CONTRA INCENDIOS IMPULSADOS POR MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 7 de octubre de 2016.

Eddy Fernando Díaz Díaz



Guatemala, 06 de julio de 2017
REF.EPS.DOC.363.07.17.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

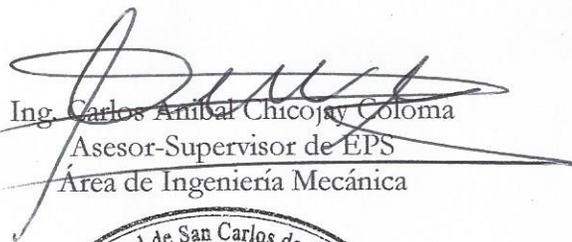
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Eddy Fernando Díaz Díaz** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200714759, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **PROPUESTA DE UNA GUÍA PARA MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE BOMBEO CONTRA INCENDIOS IMPULSADOS POR MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
CACC/ra





Guatemala, 06 de julio de 2017
REF.EPS.D.179.07.17

Ing. Roberto Guzmán
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

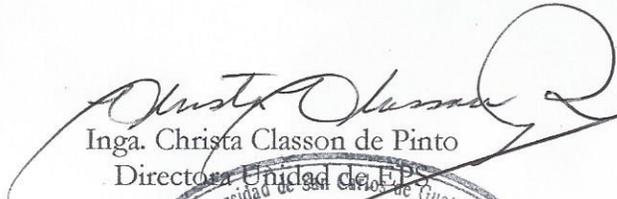
Estimado Ingeniero Guzmán:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **PROPUESTA DE UNA GUÍA PARA MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE BOMBEO CONTRA INCENDIOS IMPULSADOS POR MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario Eddy Fernando Díaz Díaz quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.261.2017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE UNA GUÍA PARA MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE BOMBEO CONTRA INCENDIOS IMPULSADOS POR MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA** del estudiante **Eddy Fernando Díaz Díaz, CUI No. 1647823461307, Reg. Académico No. 200714759** y habiendo realizado la revisión de Escuela, se autoriza para que continúe su trámite en la oficina de Lingüística, Unidad de Planificación.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, septiembre de 2017

/aej



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

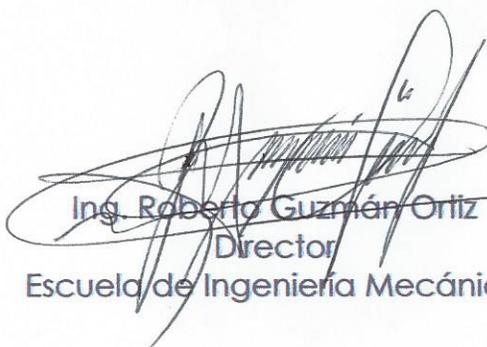
Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.314.2017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE UNA GUÍA PARA MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE BOMBEO CONTRA INCENDIOS IMPULSADOS POR MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA** del estudiante **Eddy Fernando Díaz Díaz**, CUI **1647823461307**, Reg. Académico No. **200714759** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, noviembre de 2017

/aej

Universidad de San Carlos
de Guatemala

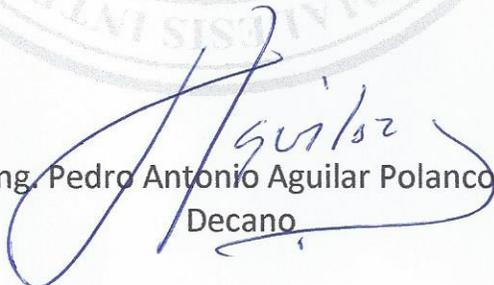


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 547.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE UNA GUÍA PARA MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE BOMBEO CONTRA INCENDIOS IMPULSADOS POR MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA**, presentado por el estudiante universitario: **Eddy Fernando Díaz Díaz** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, noviembre de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por todas las bendiciones derramadas en mi vida.
- Mi madre** Blandiana Margot Díaz y Díaz, a quien nunca existirán palabras para expresar mi infinito agradecimiento, ya que sin su ejemplo y sacrificio día con día no hubiese sido posible alcanzar esta meta.
- Mis hermanos** Por su cariño y apoyo incondicional en todo momento.
- Mi familia** Eterno agradecimiento por su apoyo y por estar a mi lado cuando más las he necesitado.
- Mis amigos** Por el apoyo y convivencias que me brindaron a lo largo de la carrera y de todos los años de conocerlos.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por todas las bendiciones derramadas en mi vida y en la de mi familia.
Mi madre	Blandina Margot Díaz y Díaz, por el cariño y esfuerzo que me ha brindado durante toda mi vida.
Mis hermanos	Por ser una importante influencia en mi carrera, y por compartir este éxito en mi vida.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme las herramientas necesarias para desarrollarme como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos necesarios para desarrollarme como ingeniero mecánico.
A mi asesor	Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma, por su valiosa asesoría para la realización del presente trabajo de graduación.
A Fuego y Seguridad S.A.	Por su valiosa colaboración y por permitirme realizar mi proyecto de graduación en su institución.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Información de la empresa	1
1.1.2. Áreas de negocio.....	2
1.1.3. Misión	2
1.1.4. Visión.....	2
1.2. Descripción de los sistemas contra incendios	2
1.3. Descripción del problema	3
1.4. Sistema de bombeo contra incendios impulsados por motores de combustión interna	4
1.4.1. Motores de combustión interna.....	4
1.4.1.1. Definición.....	4
1.4.1.2. Clases de motores de combustión.....	5
1.4.1.3. Motores de combustión para sistemas contra incendios	7
1.4.2. Bombas hidráulicas	8
1.4.2.1. Definición.....	8
1.4.2.2. Tipos de bombas	8

	1.4.2.3.	Bombas hidráulicas para sistemas contra incendios	10
1.4.3.		Tanques de combustible	15
	1.4.3.1.	Definición.....	15
	1.4.3.2.	Tipos de tanques.....	15
1.4.4.		Tanques de abastecimiento de agua	16
	1.4.4.1.	Definición.....	16
	1.4.4.2.	Tipos de tanques.....	16
1.4.5.		Definición de equipos complementarios.....	17
	1.4.5.1.	Panel eléctrico de control	17
	1.4.5.2.	Reductores de velocidad.....	18
	1.4.5.3.	Eje de conexión flexible.....	19
	1.4.5.4.	Acoplamiento flexible	20
1.5.		Normas e instituciones reguladoras de sistemas contra incendios.....	21
	1.5.1.	Normas NFPA	21
	1.5.2.	Certificaciones UL, <i>Underwriters Laboratories</i>	22
	1.5.3.	Certificaciones FM, <i>Factory Mutual</i>	22
1.6.		Procesos de realización del mantenimiento	23
	1.6.1.	Identificación de los procesos de realización del mantenimiento.....	23
	1.6.1.1.	Solicitud de trabajo.....	25
	1.6.1.2.	Visita técnica	25
	1.6.1.3.	Cotización.....	25
	1.6.1.4.	Negociación.....	26
	1.6.1.5.	Autorización del cliente	26
	1.6.1.6.	Creación de código	26
	1.6.1.7.	Programación	26
	1.6.1.8.	Solicitud de materiales	27

	1.6.1.9.	Realización del mantenimiento	27
	1.6.1.10.	Resultados del mantenimiento.....	27
	1.6.1.11.	Informes para ventas	27
	1.6.1.12.	Informes para contabilidad	28
	1.6.1.13.	Cobro.....	28
	1.6.2.	Recursos utilizados en la realización del mantenimiento	28
	1.6.3.	Manejo de los desechos generados por la realización del mantenimiento	30
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL		33
2.1.	Normas utilizadas para el diseño de las rutinas de mantenimiento		33
2.2.	Diseño de mantenimiento preventivo a motores de combustión interna		34
2.3.	Diseño de mantenimiento preventivo a bombas hidráulicas para sistemas contra incendios		38
2.4.	Diseño de mantenimiento preventivo a paneles eléctricos de control para bombas contra incendio.....		44
2.5.	Diseño de mantenimiento preventivo a reductores de velocidad para bombas contra incendios.....		47
2.6.	Diseño de mantenimiento preventivo a conexiones de ejes en bombas contra incendios.....		49
	2.6.1.	Diseño de mantenimiento preventivo a ejes de conexión flexible para sistemas de bombeo contra incendios.....	49
	2.6.2.	Diseño de mantenimiento preventivo a acoples de conexión flexible para bombas contra incendios	51

2.7.	Diseño de mantenimiento preventivo a tanques de combustible de sistemas de bombeo contra incendios	52
2.8.	Diseño de mantenimiento preventivo a tanques de abastecimiento de agua para sistemas de bombeo contra incendios.....	53
2.9.	Procedimientos a cambiar en la realización del mantenimiento.....	56
2.9.1.	Propuesta de cambio en el proceso del mantenimiento.....	57
2.9.2.	Propuesta de cambios de supervisión.....	60
2.9.3.	<i>Check list</i> propuestos para el mantenimiento de sistemas de protección contra incendios impulsados por motores de combustión interna	61
2.9.4.	Conceptos de producción más limpia.....	83
2.9.4.1.	Clasificación de desechos.....	83
2.9.4.2.	Almacenaje.....	86
2.9.4.3.	Ubicación de recipientes	88
2.9.4.4.	Manejo de desechos	90
2.9.4.5.	Costos	92
3.	FASE DE DOCENCIA.....	95
3.1.	Capacitación sobre mantenimiento preventivo a sistemas de bombeo contra incendios impulsados por motores de combustión interna.....	95
3.1.1.	Mantenimiento a motores de combustión interna....	96
3.1.1.1.	Mantenimiento a conexiones de ejes en bombas contra incendios.....	96
3.1.2.	Mantenimiento a bombas hidráulicas para sistemas contra incendios	97

3.1.2.1.	Mantenimiento a reductores de velocidad para bombas contra incendios	97
3.1.3.	Mantenimiento a panel eléctrico de control para bombas contra incendios.....	98
3.1.4.	Mantenimiento a tanques de combustible de sistemas de bombeo contra incendios.....	98
3.1.5.	Mantenimiento a tanques de abastecimiento de agua para sistemas contra incendios	99
3.1.6.	Prueba semanal a bomba de combustión	99
3.1.7.	Programación de capacitaciones para el personal.....	99
3.2.	Aplicación de conceptos de producción más limpia en labores de mantenimiento	101
CONCLUSIONES		105
RECOMENDACIONES.....		107
BIBLIOGRAFÍA.....		109
ANEXOS.....		111

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ciclo de motor de dos tiempos.....	5
2.	Ciclo de motor cuatro tiempos Otto.....	6
3.	Ciclo motor Diésel cuatro tiempos.....	7
4.	Bombas de desplazamiento tipo recíprocante.....	9
5.	Bombas centrífugas	10
6.	Bombas de carcasa bipartida.....	11
7.	Bombas tipo turbina	12
8.	Válvula de compuerta de vástago ascendente.....	13
9.	Válvula eliminadora de aire	13
10.	Válvula de alivio y recirculación	14
11.	Válvula <i>check</i>	14
12.	Tanque de combustible.....	16
13.	Tanques de abastecimiento de agua	17
14.	Panel de control	18
15.	Caja reductora de velocidad.....	19
16.	Eje de conexión flexible.....	20
17.	Acoples de conexión flexible	21
18.	Procesos del mantenimiento	24
19.	Nuevo proceso	58
20.	Imagen capacitaciones, 1.....	102
21.	Imagen capacitaciones, 2.....	103

TABLAS

I.	Recursos utilizados	29
II.	Motores de combustión interna	34
III.	Equipos complementarios del sistema de bombeo	38
IV.	Bomba de carcasa-bipartida	40
V.	Bombas tipo turbina	42
VI.	Paneles eléctricos	44
VII.	Reductores de velocidad.....	48
VIII.	Ejes de conexión flexible.....	50
IX.	Acoples de conexión flexible	51
X.	Tanque de combustible	52
XI.	Tanque de abastecimiento de agua	54
XII.	Costo de telefonía	60
XIII.	Hoja de control de personal	61
XIV.	Arranque semanal a bomba diésel.....	63
XV.	Mantenimiento a bombas horizontales.....	65
XVI.	Mantenimiento a bombas verticales	73
XVII.	<i>Check list</i> de abastecimiento de agua.....	81
XVIII.	Desechos generados por departamento	85
XIX.	Ubicación de recipientes	88
XX.	Manejo de desechos	90
XXI.	Tabla de costos.....	93
XXII.	Lista de asistencia para capacitaciones	101

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Gal	Galones
°C	Grados centígrados
°F	Grados Fahrenheit
hrs	Horas
HP	<i>Horse power</i>
Lb	Libras
PSI	Libra-fuerza por pulgada cuadrada
Lts	Litros
≥	Mayor o igual que
<	Menor que
mm	Milímetros
%	Porcentaje
Q	Quetzales
RPM	Revoluciones por minuto
vac	Voltaje de corriente alterna
vdc	Voltaje de corriente directa

GLOSARIO

AGMA	<i>American Gear Manufacturers Associations.</i>
Bitácoras	Es un cuaderno en el cual se toman notas, ideas y cualquier información que puede ser útil para la realización de su trabajo.
Bypass	Se refiere en general a una o varias derivaciones que desvían o cortan la ruta de un fluido.
Cárter	Es una caja metálica que opera un mecanismo operativo del motor que cumple adicionalmente con la función de actuar como depósito para el aceite del motor.
<i>Check-list</i>	Son formatos creados para realizar actividades repetitivas y controlar una lista de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de forma sistemática.
Desechos	Material o conjunto de materiales resultantes de cualquier proceso u operación destinado al desuso, que no sea utilizado, recuperado o reciclado.

Cojinetes	Es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a este por medio de rodadura.
Estopas	Elemento de sellado tipo radial que consiste en uno o más anillos dispuestos dentro de una caja de sellado y comprimidos por una brida.
Expansión	Es el incremento del área o volumen de un material o cuerpo físico, a medida que aumenta su temperatura.
Flujo axial	Es el flujo de agua que circula paralelo al eje de rotación de las turbinas de la bomba.
FM	<i>Factory Mutual.</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization.</i>
Manómetro	Es un instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados.
NFPA	<i>National Fire Protection Association.</i>
NGLI	<i>National Lubricating Grase institute.</i>
OSHA	<i>Occupational Safety and Healt Administration.</i>
Proceso	La sucesión de actos o acciones relacionadas con cierto orden, que se dirigen a un punto o finalidad.

Quinquenio	Período de cinco años.
Refrigerante	Se denomina así a los fluidos utilizados en la transmisión de calor, que en un sistema de refrigeración absorbe calor cediéndolo a temperatura más elevada.
Residuos	Todos aquellos materiales o restos sin ningún valor económico para el usuario, pero si un valor comercial para su recuperación e incorporación para el ciclo de vida de la materia.
Riesgo	Posibilidad de que se produzca un contratiempo, perjuicio o daño.
SAE	<i>Society of Automotive Engineers.</i>
Soportería	Es algo físico que sirve como sustento o puntal y su función es sostener o mantener una cosa en una posición.
UL	<i>Underwriters Laboratories.</i>
Válvula	Dispositivo que abre y cierra el paso de un fluido por un conducto.

RESUMEN

En el presente trabajo, se desarrolla el diseño de una guía de mantenimiento para bombas contra incendios impulsados por motores de combustión interna, consta de tres capítulos:

Capítulo 1: desarrolla la fase de investigación, con la información general de la institución, definiciones importantes, elementos que componen el sistema de bombeo contra incendios impulsado por motores de combustión interna y otros.

Capítulo 2: describe la fase del servicio técnico profesional, el cual está conformado en nueve secciones; cada una está enfocada en el mantenimiento de los diferentes componentes de un sistema de bombeo contra incendios impulsado por motores de combustión interna.

Además, en este capítulo se incluye una sección enfocada al mejoramiento del proceso de realización del mantenimiento y principios de producción más limpia a introducir al personal de fuego y seguridad S.A.

Capítulo 3: enfocado básicamente a instruir y capacitar al personal de la institución sobre los cambios y nuevas políticas que se desean introducir. En la parte final del informe se presentan las conclusiones, recomendaciones y los anexos correspondientes.

OBJETIVOS

General

Elaborar y proponer una guía de mantenimiento preventivo para sistemas de bombeo contra incendios impulsados por motores de combustión interna, para mejorar condiciones físicas y operacionales de los equipos.

Específicos

1. Diseñar rutinas de mantenimiento adecuadas para sistemas de bombeo contra incendios impulsado por motores de combustión interna.
2. Reducción de mantenimientos correctivos a los diferentes componentes de los sistemas de bombeo impulsados por motores de combustión interna.
3. Conservar en lo posible las prestaciones funcionales de todos los componentes de las bombas contra incendios impulsadas por motores de combustión interna.
4. Ejecutar de manera eficiente el mantenimiento por parte del personal de servicios de Fuego y Seguridad S.A.
5. Realizar mantenimientos apegados a reglamentos y normas internacionales utilizadas por Fuego y Seguridad S.A., para la regulación de sistemas contra incendio.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de equipos es esencial para mantener en buenas condiciones los equipos y maquinarias; en los sistemas contra incendio el mantenimiento adquiere mayor relevancia por ser un sistema que protege vidas y activos de la institución que los posea. Un equipo esencial para esta finalidad es la bomba contra incendios, la cual existe en diferentes configuraciones que dependerán de las necesidades del lugar a resguardar.

Este trabajo se enfocará en los sistemas de bombeo contra incendios impulsados por motores de combustión interna y se desarrollará una guía de mantenimiento preventivo para esta clase de equipo; es importante mencionar que dicha guía debe cumplir dictámenes de diferentes normas y entidades internacionales con las que trabaja Fuego y Seguridad S.A.

Por lo que el presente trabajo consta de tres fases: la primera es la investigación diagnóstica, en la cual se hará un desglose de los diferentes componentes de las bombas y de las normas que rigen dichos sistemas contra incendios a nivel internacional.

La segunda, de servicio técnico profesional, se desarrolla una guía de mantenimiento preventivo a los diferentes componentes del sistema de bombeo impulsado por motores de combustión interna.

La última fase está enfocada en la presentación de los resultados obtenidos además de la capacitación del personal técnico en lo concerniente a

los cambios en el mantenimiento y prácticas informativas de producción más limpia.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la empresa

Es una empresa que se dedica al diseño, suministro e instalación de sistemas contra incendios; esta institución se apega en todas sus operaciones a normas internacionales NFPA (*National Fire Protection Association*), FM (*Factory Mutual*) y UL (*Underwriters Laboratories*). Fuego y Seguridad S.A., extiende sus operaciones a la asesoría profesional, evaluación de riesgos e implementación de proyectos electromecánicos que brindan soluciones apropiadas a los diferentes requerimientos.

1.1.1. Información de la empresa

La institución se formó en el año 2002 a partir del cierre de las oficinas de Simplex Grinell en Guatemala; actualmente, cuenta con oficinas en Guatemala y Honduras, así como operaciones y proyectos a nivel centroamericano. Las oficinas de Fuego y Seguridad S.A., se encuentran en la 34 calle 10-25 zona 11 Las Charcas en la ciudad de Guatemala.

La institución se apega a las normas e instituciones reconocidas internacionalmente, por lo que toda la ingeniería, diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas cumplen estrictamente con parámetros y normas dadas por ISO, OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*), NFPA (*National Fire Protection Association*) y FM (*Factory Mutual*); además, los equipos que instalan son listados UL (*Underwriters Laboratories*) y aprobados por *Factory Mutual* (FM).

1.1.2. Áreas de negocio

Fuego y Seguridad S.A., opera en diferentes campos de la industria de los sistemas contra incendios, que son las áreas de negocio en las que la institución busca mantener el liderazgo a nivel regional. Estas áreas de negocio son: diseño e ingeniería, suministro e instalación y servicio de mantenimiento. Estas diferentes áreas de negocio funcionan de manera independiente y bajo sus propias estructuras; sin embargo, su interacción es de vital importancia para el funcionamiento de la institución.

1.1.3. Misión

Brindarles a sus clientes soluciones a la medida en el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas contra incendio y seguridad electrónica.

1.1.4. Visión

Ser la empresa líder en Centro América de sistemas contra incendios y de seguridad electrónica.

1.2. Descripción de los sistemas contra incendios

Los sistemas contra incendios son un conjunto de medidas que se disponen para proteger personas, edificios y equipos del fuego. Las medidas fundamentales de los sistemas contra incendios suelen clasificarse en medios pasivos, los cuales afectan al proyecto de construcción y tienen como finalidad principal facilitar la evacuación de personas.

Las otras medidas son los medios activos, incluyen aquellas actuaciones que implican una acción directa para la protección y lucha contra incendios. Algunos medios activos que pueden mencionarse son: detección, alarma, emergencia, extinción y señalización.

En lo referente a los medios de extinción son todos aquellos materiales utilizados para apagar el fuego o bien su naturaleza: agua, espuma, gases y polvo.

Los sistemas de extinción basados en la utilización de agua son ampliamente utilizados y prácticamente los más comunes; en este rubro hay bastantes equipos que funcionan con este material como hidrantes, rociadores, etc. Para que estos equipos cumplan su función es necesario la utilización de bombas para brindarle al agua la energía necesaria para la extinción del fuego.

Las bombas contra incendios existen de diferentes tipos y configuraciones dependiendo de los requerimientos del área a resguardar. Uno de los equipos más utilizados para este fin son las bombas contra incendios impulsadas por motores de combustión interna que por sus características resultan muy recomendadas para esta aplicación.

1.3. Descripción del problema

Actualmente, no cuentan en la institución con una guía de mantenimiento preventivo específica para los sistemas de bombeo contra incendios impulsados por motores de combustión interna; debido a esta situación se desarrolla el presente proyecto.

1.4. Sistema de bombeo contra incendios impulsados por motores de combustión interna

Un equipo de bombeo contra incendios tiene como finalidad proveer el flujo y presión de agua necesarios para la protección privada contra incendios. El sistema de bombeo contra incendios impulsado por motores de combustión interna está conformado por varios elementos que en conjunto conforman el sistema de bombeo. Un punto muy importante es que por la aplicación, las necesidades y los requerimientos del cliente, las configuraciones de este tipo de bomba varían, sobre todo, en las capacidades y especificaciones de los elementos.

Los elementos que conforman los sistemas de bombeo son: motor de combustión interna diésel, panel eléctrico de control, bomba hidráulica, reductores de velocidad, eje de conexión flexible, acoplamiento flexible, tanque de combustible, tanque de abastecimiento de agua.

1.4.1. Motores de combustión interna

1.4.1.1. Definición

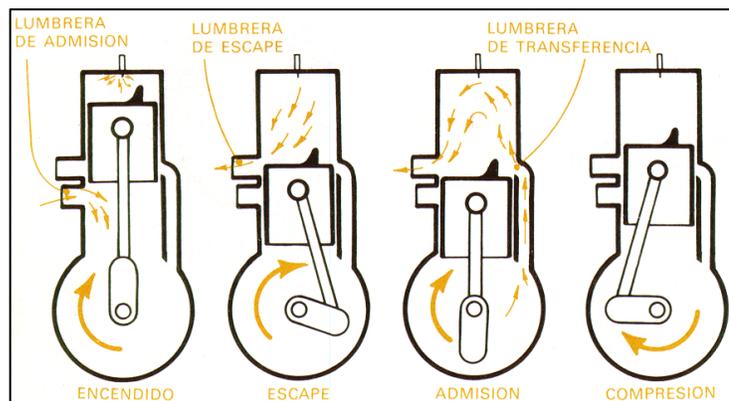
El motor de combustión interna es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica, directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de una cámara de combustión. Esta energía interna se manifiesta con un aumento de presión y temperatura que realizan el trabajo. La finalidad del motor es realizar un trabajo lo más eficiente posible.

Para que ocurra esa explosión, se necesita una mezcla de aire-combustible para que pueda reaccionar y explotar. Por lo tanto, no solo es necesario un proceso de explosión, también, un proceso de admisión para que este carburante (aire-combustible) entre al cilindro. Además, para realizar el ciclo es necesario un proceso de escape, para repetir el proceso.

1.4.1.2. Clases de motores de combustión

Existen varias clases y clasificaciones de motores, la principal clasificación de motores se realiza por el número de tiempos para completar sus ciclos. El motor de dos tiempos fue el primer motor que se construyó, en este tipo de motor se tiene un tiempo de potencia cada dos fases, al necesitar solo dos tiempos para realizar un ciclo completo este motor produce más potencia, sin embargo, la eficiencia de este tipo de motor es menor que los motores de cuatro tiempos y cuenta con la misma cantidad de ciclos como puede apreciarse en la figura 1.

Figura 1. Ciclo de motor de dos tiempos

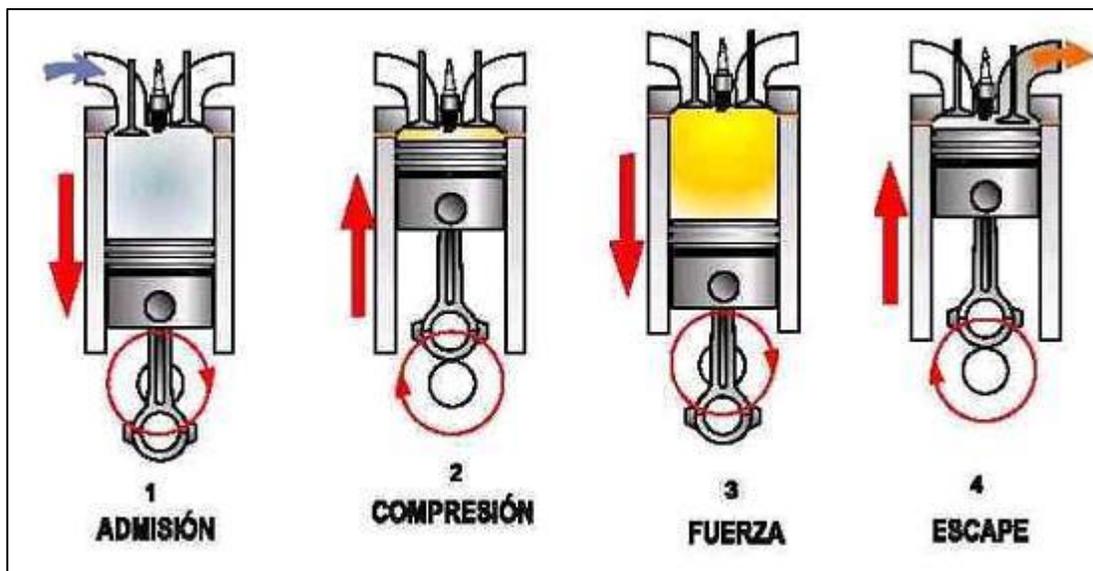


Fuente: *Funcionamiento de un motor de 2 tiempos*. <http://www.surgarden.es/blog/funcionamiento-de-un-motor-de-2-tiempos/>. Consulta: 22 de septiembre de 2016.

Por otro lado, los motores de cuatro tiempos trabajan con base en un ciclo de cuatro tiempos, cuyo principal ciclo termodinámico de Otto a gasolina o gas y el ciclo termodinámico diésel con combustible diésel. Por lo tanto, su eficiencia está basada en la variación de la temperatura tanto en el proceso de compresión isotrópico, como el calentamiento a volumen en ciclo Otto o presión constante en ciclo diésel.

El ciclo básicamente consiste en dos carreras ascendentes y dos carreras descendentes. Cada carrera coincide con una fase del ciclo de trabajo y recibe el nombre de la acción que realiza como se aprecia en la figura 2.

Figura 2. **Ciclo de motor cuatro tiempos Otto**

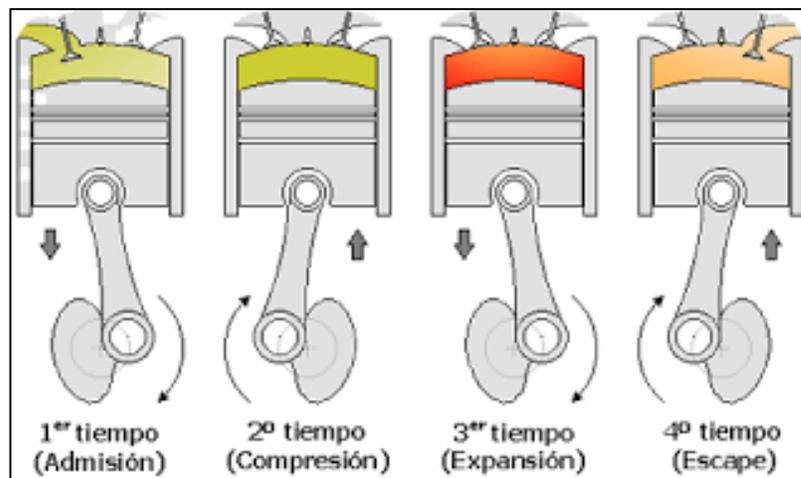


Fuente: *Motores 2308*. <http://motores2308.blogspot.com/2016/>. Consulta: 24 de septiembre de 2016.

1.4.1.3. Motores de combustión para sistemas contra incendios

Los motores de combustión utilizados para sistemas contra incendios son los motores diésel, esta clase de motor es el más eficiente; esta gran eficiencia la logra gracias a su tiempo de aspiración ya que entra solamente aire. El encendido se logra por la temperatura elevada que produce la compresión del aire en el interior del cilindro; en otras palabras, al ser inyectado el combustible el aire comprimido se encuentra a una temperatura mayor a la de ignición del combustible. El ciclo del motor diésel se presenta en la imagen 3.

Figura 3. **Ciclo de motor Diésel cuatro tiempos**



Fuente: *Funcionamiento mecánico de los motores a explosión*. <http://clubdel1500.mforos.com/1061637/10958496-funcionamiento-mecanico-de-los-motores-a-explosion/> Consulta: 26 de septiembre de 2016.

Existen varias marcas de motores en la industria; cada marca posee una división de motores para sistemas de bombeo que cumplen a cabalidad los requerimientos necesarios para ser aplicados en dichos sistemas.

1.4.2. Bombas hidráulicas

1.4.2.1. Definición

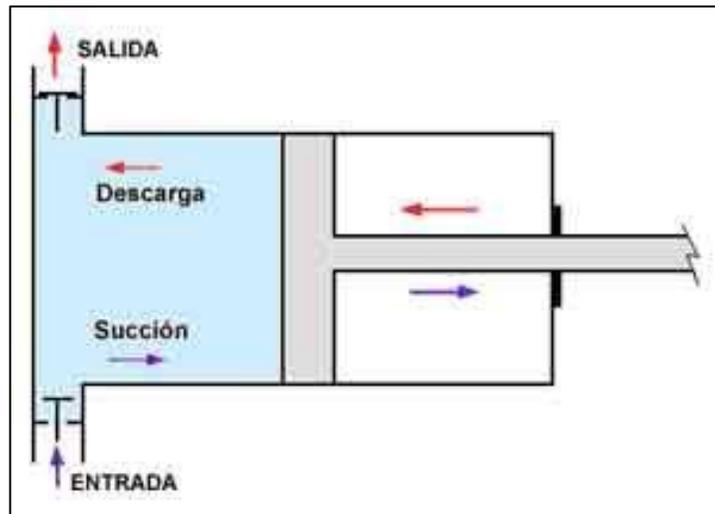
Una bomba hidráulica es una máquina generadora que transforma energía mecánica, que es la que la acciona, en energía hidráulica por el fluido que mueve. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura; todas relacionadas con el principio de Bernoulli.

En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un fluido añadiendo energía al sistema hidráulico para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otro de mayor presión o altitud. En el caso de los sistemas contra incendios el incremento de energía es necesario para brindar al agua de la energía necesaria para extinguir un incendio.

1.4.2.2. Tipos de bombas

Los diferentes tipos de bombas hidráulicas pueden clasificarse en dos grandes grupos: bombas de desplazamiento y bombas dinámicas. En las bombas de desplazamiento se agrega energía periódicamente mediante la aplicación de fuerza a uno o más volúmenes deseados que contiene un fluido, esto resulta en el incremento directo en la presión hasta el valor requerido en la línea de descarga, como se muestra en la figura 4. Las bombas de desplazamiento se dividen esencialmente en los tipos reciprocantes y rotatorios, dependiendo de la naturaleza del movimiento de los miembros que producen la presión.

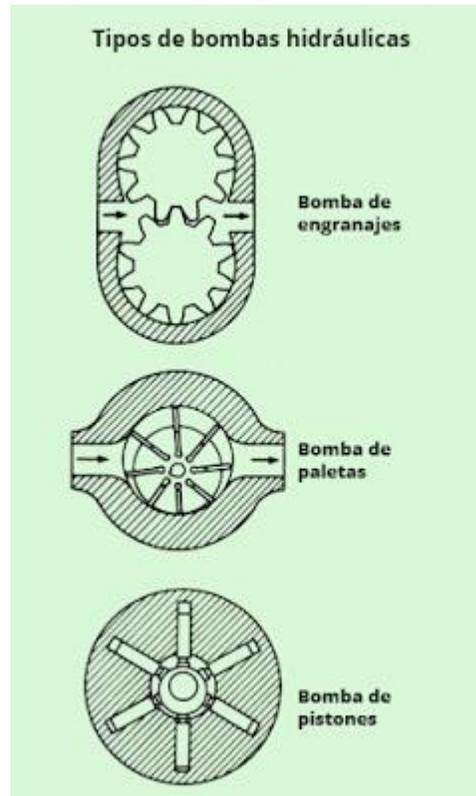
Figura 4. **Bombas de desplazamiento tipo recíprocante**



Fuente: *Bombas de desplazamiento positivo*. <http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/11/bombas-de-desplazamiento-positivo.html> Consulta: 26 de septiembre de 2016.

Las bombas dinámicas o centrifugas son el tipo de bombas en las cuales se añade energía cinética continuamente al fluido para incrementar la presión del fluido. El principio de funcionamiento está basado en el intercambio de cantidad de movimiento entre la máquina y el fluido, aplicando la hidrodinámica. En este tipo de bombas hay uno o varios impulsores con alabes que giran generando un campo de presión en el fluido; algunos ejemplos de este tipo de bombas se muestran en la figura 5. En este tipo de máquinas el fluido es continuo. Las bombas dinámicas o centrifugas pueden subdividirse en otras variedades como las bombas axiales y radiales por la dirección de flujo y en horizontales y verticales por la posición del eje de rotación, esta última clasificación es la utilizada para los sistemas contra incendios.

Figura 5. **Bombas centrífugas**



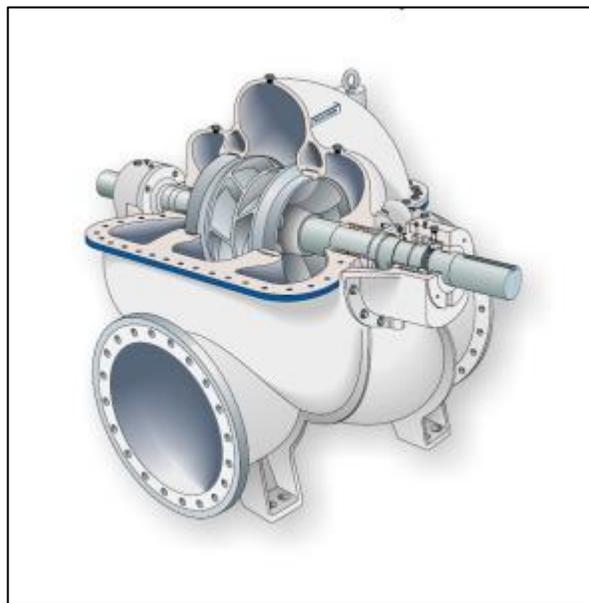
Fuente: *Tipos de bombas hidráulicas*. http://2mkirenegarcia829380.blogspot.com/2015_09_01_archive.html. Consulta: 26 de septiembre de 2016.

1.4.2.3. Bombas hidráulicas para sistemas contra incendios

Las bombas utilizadas para aplicaciones contra incendios son bombas del tipo dinámicas, las cuales cuentan con su propia subdivisión; en este sentido las utilizadas en los sistemas contra incendios son: centrífugas horizontales y centrífugas verticales tipo turbina.

Al enfocarse en los sistemas de bombeo contra incendios impulsados por motores de combustión interna hay dos tipos de bombas utilizadas. La primera categoría, las bombas horizontales, como se muestra en la figura 6, estas bombas pueden ser de una o dos etapas de carcasa bipartida con flujo axial; estas bombas suelen ser de impulsores de doble succión con un cojinete interior y exterior y se usa con un suministro de agua de succión positiva. Si bien este tipo de bombas suelen ser montadas horizontalmente, existe una variación de este diseño con el eje en plano vertical.

Figura 6. **Bombas de carcasa bipartida**



Fuente: *Bombas centrífugas de cámara partida*. <https://areamecanica.wordpress.com/2013/04/21/ingenieria-mecanica-bombas-centrifugas-de-camara-partida/>. Consulta: 26 de septiembre de 2016.

El otro tipo de bomba utilizada en sistemas contra incendios la bomba tipo turbina, como se aprecia en la figura 7; estas bombas son de flujo axial, tienen impulsores múltiples y está suspendida de la cabeza de la bomba por un tubo

vertical que también sirve de soporte para su eje y los cojinetes. Estas bombas se utilizan con un suministro de agua a nivel o las diferentes variaciones de succión negativa.

Figura 7. **Bombas tipo turbina**



Fuente: *Sistema vertical*. <https://www.sulzer.com/es/Products-and-Services/Pumps-and-Systems/Vertical-Pumps/Vertical-Wet-Pit-Pumps/STR-Vertical-Turbine-Pumps>. Consulta: 26 de septiembre de 2016.

Debido a consideraciones técnicas de la norma NFPA 20 capítulo sexto, en la cual se consideran como parte esencial y para el adecuado funcionamiento de la bomba contra incendios, algunos accesorios que inciden directamente en su trabajo: válvulas de succión y descarga, las cuales son válvulas de compuerta del tipo vástago ascendente como se observa en la figura 8, válvula automática liberadora de aire, que la se aprecia en la figura 9, válvula de alivio de recirculación, la cual se observa en la figura 10, válvula *check*, la cual se aprecia en la figura 11 y manómetros.

Figura 8. **Válvula de compuerta de vástago ascendente**



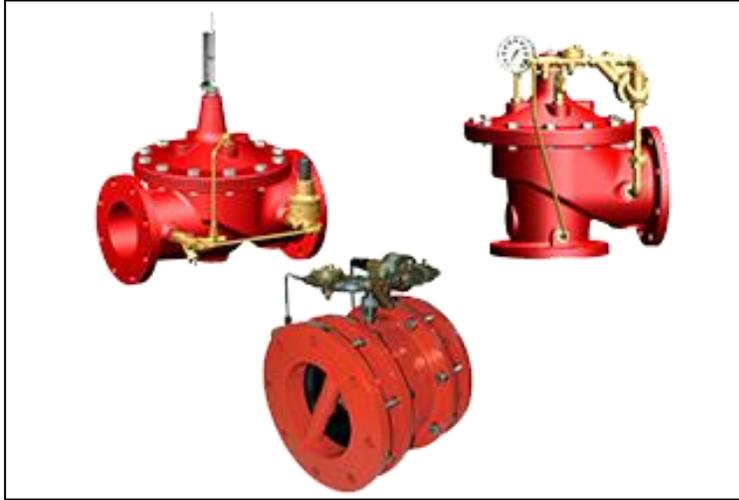
Fuete: *Válvulas*. <http://www.dtproyectos.com/valvulas/>. Consulta: 27 de septiembre de 2016.

Figura 9. **Válvula eliminadora de aire**



Fuente: *Válvula eliminadora de aire de alta capacidad*. <http://www.reps.mx/valvula-eliminadora-de-aire-de-alta-capacidad>. Consulta: 27 de septiembre de 2016.

Figura 10. **Válvula de alivio y recirculación**



Fuente: *Válvulas contra incendio*. <http://www.valvulascontraincendio.com/>. Consulta: 27 de septiembre de 2016.

Figura 11. **Válvula *check***



Fuente: *Válvulas contra incendio*. <http://www.valvulascontraincendio.com/>. Consulta: 27 de septiembre de 2016.

1.4.3. Tanques de combustible

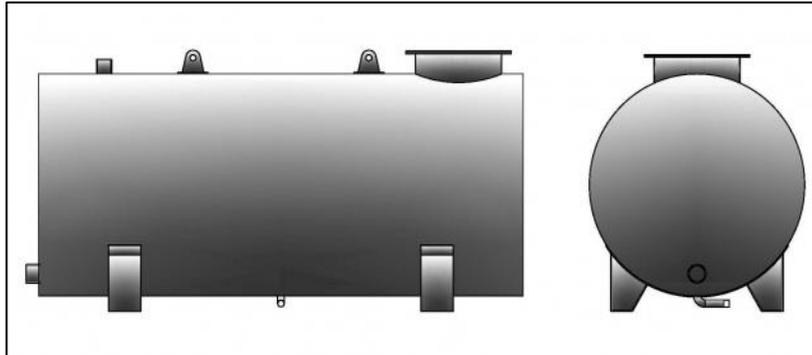
1.4.3.1. Definición

Los tanques de combustible diésel tiene la finalidad de abastecer del combustible diésel necesario para el funcionamiento del motor de combustión interna. La capacidad de los tanques de combustible deberá ser suficiente para proveer por ocho horas de funcionamiento a la bomba contra incendios al 100 % de su capacidad nominal, además de otras del requerido para otras demandas. Para el tamaño del tanque se considera que un tanque debe tener por lo menos 1 galón por Hp, además de un 5 % de volumen de expansión y 5 % más por volumen de sumidero.

1.4.3.2. Tipos de tanques

Existe una gran variedad de tanques utilizados para el almacenamiento de combustible, esta variedad de tanques está regida por la norma NFPA 20 en lo concerniente a sistemas contra incendios; se aprecia un ejemplo de tanques de combustibles en la figura 12. Básicamente, los diferentes materiales utilizados en la fabricación de tanques son aceros al carbón revestidos, aceros inoxidables y fibra de vidrio con recubrimientos químicos.

Figura 12. **Tanque de combustible**



Fuente: *Tanques para combustible*. http://www.circalefaccion.com/producto/tanques_para_combustible_cir/252. Consulta: 29 de septiembre de 2016.

1.4.4. Tanques de abastecimiento de agua

1.4.4.1. Definición

Los tanques o cisternas de abastecimiento de agua son fundamentales para los sistemas contra incendios y tiene como finalidad proporcionar el agua necesaria para combatir un incendio en uno o varios puntos de una planta, bodega, edificación. Según su localización los tanques o cisternas de agua pueden ser: enterrados o subterráneos, apoyados sobre el suelo o de superficie y elevados por encima de los techos. El nivel o cantidad de agua necesaria se determina a partir de la demanda total de los sistemas de supresión multiplicada por el tiempo mínimo de protección según el riesgo.

1.4.4.2. Tipos de tanques

Los diferentes tipos de tanques de agua para uso de sistemas contra incendios están regidos bajo la norma NFPA 22. Esta norma indica los

requerimientos de carga hidrostática, resistencia estructural, entre otras que deben poseer los tanques de agua para ser aplicados en sistemas contra incendios. Los más utilizados son las cisternas a nivel comúnmente conocidas como cisterna de foso húmedo y cisternas o tanques elevados. En lo referente a los materiales de fabricación de dichos tanques están: metal específicamente acero, concreto, materiales prefabricados reforzados y fibra de vidrio bajo cumplimiento de UL 1316. Se aprecia un ejemplo de tanque de abastecimiento de agua en la figura 13.

Figura 13. **Tanques de abastecimiento de agua**



Fuente: *Tanque para agua*. http://aim-andalucia.com/tank/tank_ini.htm. Consulta: 29 de septiembre de 2016.

1.4.5. Definición de equipos complementarios

1.4.5.1. Panel eléctrico de control

El panel eléctrico de control, del cual se aprecia un ejemplo en la figura 14, consta de un conjunto de elementos que sirven para controlar de maneras

establecidas, el encendido y parada del motor de la bomba contra incendios; además, monitorear y señalar el estado y las condiciones estacionarias y de funcionamiento de la bomba contra incendios. Es importante mencionar que los componentes del tablero de control de la bomba deben ser aprobados por *Factory Mutual* y listados *Underwriters Laboratories*.

Figura 14. **Panel de control**



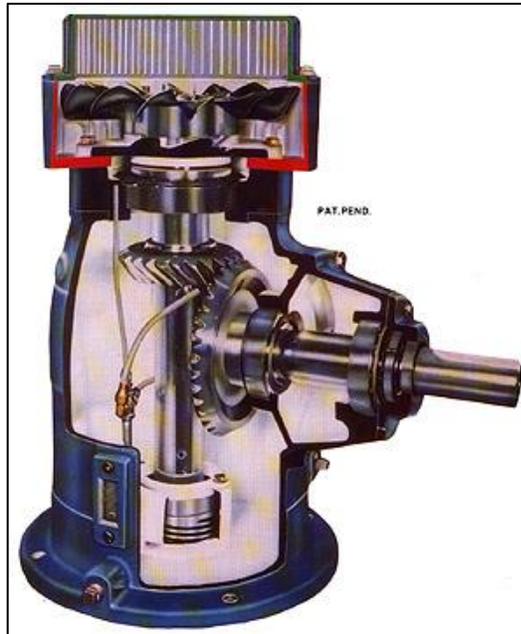
Fuente: *Contraincendios*. <http://www.mpicontraincendio.com/metron.html>. Consulta: 3 de octubre de 2016.

1.4.5.2. Reductores de velocidad

Los reductores de velocidad tienen como finalidad la transmisión de rotación o giro de un eje a otro distinto, modificando la velocidad del primer eje a los requerimientos de funcionamiento del segundo eje. Están compuestos por juegos de engranajes de diferentes diámetros que realizan la regulación y el cambio de velocidad necesario. Los impulsores de engranaje para sistemas de bombeo deberán ser del tipo eje hueco vertical como se aprecia en la figura 15.

Los engranajes de reducción deben cumplir con los requerimientos de AGMA390.03 la cual indica que los engranajes deberán de ser de clase AGMA clase 7 o mejores y los piñones deberán ser AGMA clase 8 o mejores además que los cojinetes deben cumplir con la norma de AGMA y aplicarse para una vida de L10 de 15 000 horas.

Figura 15. **Caja reductora de velocidad**

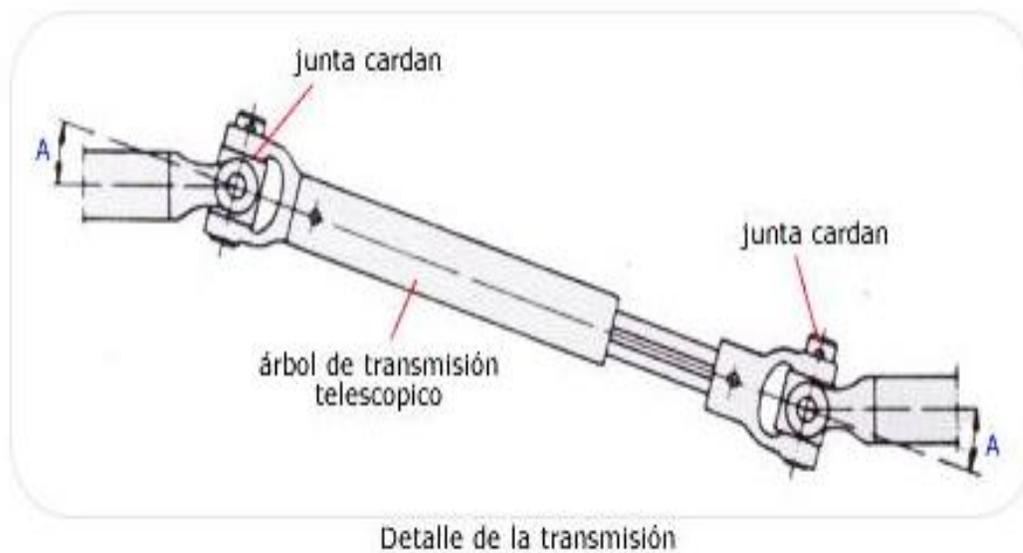


Fuente: *Reductores*. <http://www.randolphgear.com/>. Consulta: 3 de octubre de 2016.

1.4.5.3. Eje de conexión flexible

El eje de conexión flexible o eje cardan, como se muestra en la figura 16, es un componente mecánico que permite unir dos ejes no colineales. Por lo que su objetivo es transmitir el movimiento de rotación de un eje a otro. Este dispositivo que incorpora dos juntas flexibles y un elemento telescópico, lo que hace que sus componentes básicos sean los rodillos, horquillas y la cruceta.

Figura 16. **Eje de conexión flexible**



Fuente: *Ejes*. <http://www.masino.fi/products/nivelakselit/?lang=en>. Consulta: 4 de octubre de 2016.

1.4.5.4. **Acoplamiento flexible**

Es un dispositivo utilizado para conectar dos ejes u otros componentes de transmisión de torque desde el motor a la bomba; aparecen algunos ejemplos en la figura 17. Este dispositivo permite desalineaciones angulares y paralelas menores, lo que permite compensar desalineaciones de los ejes; además, durante el funcionamiento las fuerzas resultantes hacen que se doblen los ejes y se dilaten; estos cambios son atenuados y compensados por los acoplamientos flexibles, siempre estando restringidas por los fabricantes de las bombas y acopladores.

Figura 17. **Acoples de conexión flexible**



Fuente: *Transmisión de potencia*. <http://www.gasproca.com/008-transmision-potencia-gasproca.html>. Consulta: 4 de octubre de 2016.

1.5. Normas e instituciones reguladoras de sistemas contra incendios

Existen diversas instituciones dedicadas a la normalización de sistemas contra incendios y abarcan todo lo concerniente al diseño, elaboración, control, pruebas, equipos y dispositivos a utilizar, en general, todo lo concerniente a los sistemas contra incendios. Estas instituciones cuentan con gran reconocimiento a nivel mundial y son esenciales para certificar el funcionamiento de un sistema contra incendios.

1.5.1. Normas NFPA

Es una organización fundada en Estados Unidos en 1896, sin fines de lucro, encargada de crear y mantener las normas y requisitos mínimos para la prevención de incendios. Esta organización que desarrolla sus normas para proteger personas, propiedades y el medio ambiente del fuego, a través de la

capacitación, instalación y uso de medios de protección contra incendios. Sus estándares son conocidos como *National Fire Codes*. La NFPA supervisa el desarrollo y mantenimiento de más de 300 códigos y normas.

1.5.2. Certificaciones UL, *Underwriters Laboratories*

Es una empresa que se dedica a la consultoría de seguridad y certificaciones, con oficinas en 46 países y con sede en Northbrook, Illinois, EE.UU. Las certificaciones UL han sido parte de muchas de las nuevas tecnologías en particular en el ámbito de la electricidad, en lo concerniente en la elaboración de normas de seguridad para aparatos y componentes eléctricos.

UL ofrece certificaciones relacionadas con la seguridad, validación, pruebas, inspección, auditoría, asesoría y capacitación de servicios de una amplia gama de clientes, fabricantes, reguladores, empresa de servicios y los consumidores. UL es una de las compañías autorizadas para realizar pruebas de seguridad y cuenta con aprobación de OSHA que es la agencia federal de administración de seguridad y salud ocupacional estadounidense.

1.5.3. Certificaciones FM, *Factory Mutual*

Empresa dedicada a los seguros de EE.UU con oficinas en todo el mundo que emite certificaciones respecto que un lugar cumple ciertas condiciones. El organismo que certifica la condición FM es *Factory Mutual Research Corporation* y coordina todos los servicios de suscripción, prevención de siniestros y reclamaciones que las compañías necesitan, lo cual se determina mediante investigación para determinar y evaluar riesgos y determinar lineamientos para la prevención de siniestros.

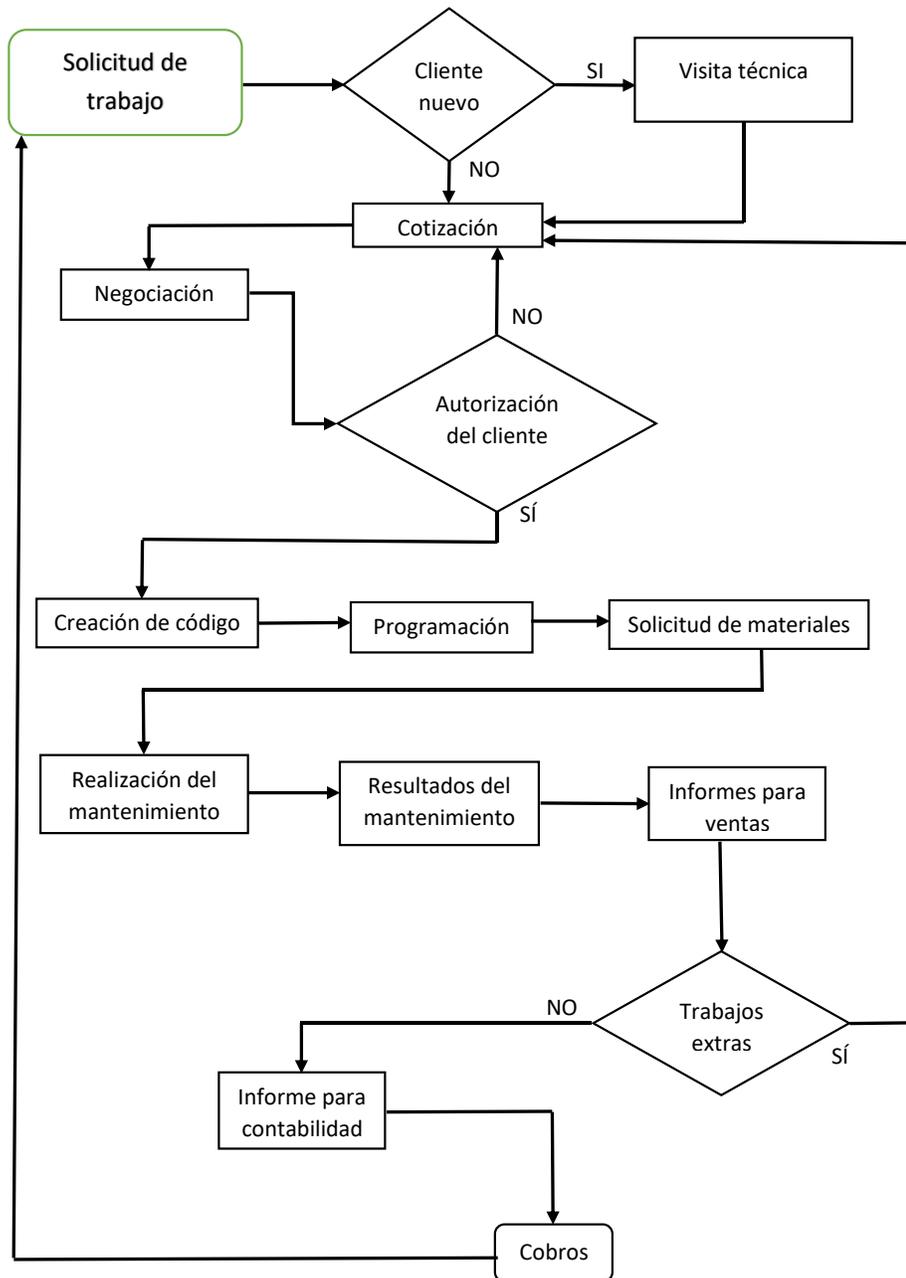
Una parte significativa de la organización FM es que ofrece servicios de pruebas y certificaciones de productos comerciales, la cual es parte esencial en la utilización de productos para los sistemas contra incendios. La certificación FM Approvals es la encargada de brindar esta certificación, la cual es reconocida y respetada a nivel internacional y busca asegurar que los clientes reciben un producto o servicios que hayan sido sometidos a pruebas objetivas y cumplan con normas internacionales.

1.6. Procesos de realización del mantenimiento

1.6.1. Identificación de los procesos de realización del mantenimiento

Para desarrollar los diferentes mantenimientos, la institución instauró un proceso que fue desarrollado por la gerencia, que busca ser lo más eficiente posible. Dicho proceso es aplicable en los diferentes servicios de mantenimiento preventivo y correctivo que se brinden. A continuación, se describe dicho proceso a través de la figura 18.

Figura 18. **Procesos del mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

1.6.1.1. Solicitud de trabajo

En esta parte del proceso, el departamento de ventas se encarga de comunicarle al cliente el tipo de mantenimiento requerido para sus diferentes sistemas: mensual, trimestral, anual, según sea el caso de los diferentes clientes, previa consulta a historiales y fichas técnicas con las que se cuenten. Se establece una visita para evaluación de los equipos para clientes nuevos. El cliente puede contactar al personal de ventas y solicitar un trabajo por requerimientos especiales o de emergencia de sus equipos considerando que tengan o se encuentren con algún tipo de desperfecto u otras anomalías.

1.6.1.2. Visita técnica

Esta fase se realiza para nuevos clientes o modificaciones en equipos para clientes con historial en la empresa; el departamento de ventas se dirige al lugar o planta de trabajo para evaluar las necesidades de los equipos con los que cuenten los clientes; además, consulta fichas técnicas de los equipos para cubrir adecuadamente las necesidades de los equipos.

1.6.1.3. Cotización

Se realiza la cotización por parte del personal de ventas y dicha cotización se le hace llegar al cliente; esta indica el servicio o tipo de mantenimiento a brindar por parte de Fuego y Seguridad S.A. La cotización también especifica las acciones a realizar durante el mantenimiento e incluye los repuestos necesarios para los equipos.

1.6.1.4. Negociación

Esta es parte esencial del proceso ya que en esta fase se solucionan dudas, inquietudes y otras consideraciones del cliente, con respecto a precios y el servicio que será brindado. Si el cliente no aceptara las condiciones y costos que se le hacen llegar, el personal de ventas le ofrece otras opciones para continuar con el proceso.

1.6.1.5. Autorización del cliente

Después de aceptada la cotización, el cliente debe generar una orden de compra para el servicio que se le va a prestar y enviarla al departamento de ventas de fuego y seguridad.

1.6.1.6. Creación de código

El departamento de contabilidad después de enviada la orden de compra por parte del cliente, crea un código de identificación interno denominado COE, para el cliente y la orden de compra de dicho cliente. El departamento de contabilidad envía el código e información del cliente al departamento de servicios.

1.6.1.7. Programación

Después de recibido el código, la jefatura de servicios debe programar las fechas para la realización del mantenimiento e informar al cliente, además de tramitar ingresos y cualquier otro requerimiento para la realización de los trabajos.

1.6.1.8. Solicitud de materiales

El departamento de servicios hace solicitud de los materiales necesarios para llevar a cabo los mantenimientos a bodega de fuego y seguridad. Los cuales son entregados tres días antes de realizarse los trabajos.

1.6.1.9. Realización del mantenimiento

En esta fase se realiza el mantenimiento el cual es ejecutado por parte del personal técnico del departamento de servicios; durante el desarrollo se deben ir llenando los *check-list* y bitácoras, donde se hacen las anotaciones de trabajos realizados y no realizados además de hacer observaciones de los diferentes equipos revisados. Después de terminados los trabajos se le entregan al cliente sus respectivas copias de toda la papelería, además de firmar y sellar las copias pertenecientes a fuego y seguridad.

1.6.1.10. Resultados del mantenimiento

A su regreso, los técnicos entregan todo documento referente al mantenimiento a la jefatura de servicios, los cuales son analizados y se determina la necesidad de realizar cambios, repuestos y/o acciones para el siguiente mantenimiento o en un periodo anterior dependiendo de la urgencia.

1.6.1.11. Informes para ventas

La jefatura de servicios le indica al departamento de ventas las necesidades de los equipos y esta procede a contactar al cliente para iniciar con los trámites para realizar los trabajos pendientes.

1.6.1.12. Informes para contabilidad

El departamento de ventas traslada la información al departamento de contabilidad para iniciar el trámite de cobro, con el cliente.

1.6.1.13. Cobro

Este marca el final del proceso y no es más que el cobro que se realiza por los servicios brindados; es la fase previa para iniciar nuevamente con proceso en el apartado de solicitud de trabajo.

1.6.2. Recursos utilizados en la realización del mantenimiento

Para llevar a cabo el mantenimiento de los equipos, el personal debe contar con un mínimo de requerimientos, equipo y materiales. Cada una de estas necesidades forma parte de los recursos los cuales la empresa debe proporcionar para brindar un adecuado servicio a los diferentes clientes. Cada recurso utilizado por la institución está contenido en la tabla 1, que se presenta a continuación.

Tabla I. Recursos utilizados

Recurso	Descripción	Observaciones
Humano	Se asignan dos técnicos del departamento de servicios para realizar el mantenimiento.	
Equipo de protección personal	Para llevar a cabo los trabajos de mantenimiento, Fuego y Seguridad S.A., establece ciertos equipos de protección personal para cada técnico de servicios.	<p>El equipo de protección personal es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Casco • Calzado industrial con punta de acero • Protectores auditivos • Lentes de seguridad • Guantes de nitrilo • Chaleco reflectivo
Herramienta	Los técnicos del departamento de servicios tienen asignada una caja de herramienta para realizar los trabajos.	<p>La caja contiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 juego de desarmadores • 1 juego de llaves • 1 multímetro • 1 juego de alicates y pinzas • 2 cangrejos • 2 llaves stilson • 1 juego de llaves cola-corona • 1 juego de ratch y copas • 1 cepillo de alambre • 1 medidor de densidad de baterías
Materiales	A los técnicos se les proporcionan algunos materiales necesarios para la elaboración del mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> • 1 bote de espuma limpiadora • 1 bote de aire comprimido • 1 bote de limpia contactos • 1 bote de DW-40 • 1 bote de grasa grafitada

Continuación de la tabla I.

		<ul style="list-style-type: none"> • 2 bolas de wipe • 1 bote de abrillantador para limpieza del equipo • 1 rollo de cinta de aislar • Aceite, refrigerante y otros materiales, son entregados según el tipo de mantenimiento a realizar.
Asignación de vehículo	Cada grupo de trabajo es asignado con un vehículo para dirigirse al lugar de trabajo, si no se contara con un vehículo se coordinan rutas para dirigirlos a sus lugares de trabajo.	

Fuente: elaboración propia.

1.6.3. Manejo de los desechos generados por la realización del mantenimiento

En general, los desechos que se generan durante la realización del mantenimiento son principalmente residuos de wipe utilizados para la limpieza tanto de componentes eléctricos, como para la limpieza de aceite, limpieza de elementos mecánicos y remoción de polvo en general, además de latas de productos en aerosol utilizado como: espuma, aire comprimido, limpiadores y pintura.

Durante la realización del mantenimiento mayor es cuando se generan además de lo anteriormente mencionado: aceite quemado de motor, filtros de aire, aceite y combustible, empaques o cajas de los equipos nuevos.

Todos los desechos en general son depositados en los recipientes de los diferentes lugares o plantas donde se realizó el trabajo. Sin embargo, es importante mencionar que algunas de estas diferentes instituciones cuentan con un manejo y control interno de sus residuos, por lo cual los técnicos cumplen con las indicaciones del manejo y desecho de residuos en dichas instituciones.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

En esta fase del proyecto se desarrollan las diferentes rutinas de mantenimiento preventivo para los diferentes equipos que conforman el sistema de bombeo para bombas contra incendios impulsadas por motores de combustión interna.

Para el desarrollo de dichas rutinas fueron necesarias las consultas de diferentes normas NFPA así como la consulta de diferentes manuales de fabricantes de diferentes equipos encontrados en la industria. La presente guía de mantenimiento es aplicable para las diferentes marcas y configuraciones encontradas en la industria.

Es importante mencionar que para el desarrollo de las diferentes rutinas de mantenimiento no se pudieron adjuntar imágenes de las diferentes piezas de los equipos, debido a la negativa de las diferentes instituciones consultadas por considerarse parte de sus secretos institucionales.

2.1. Normas utilizadas para el diseño de las rutinas de mantenimiento

Para el diseño de la presente guía de mantenimiento, fue necesaria la consulta de las normas NFPA numerales 20, 22, 24 y 25. Cada norma consultada contiene diferentes referencias UL y FM, así como de otras instituciones. Gracias a esto se desarrolló el conjunto de procedimientos y operaciones para mantener los equipos en condiciones óptimas de trabajo.

2.2. Diseño de mantenimiento preventivo a motores de combustión interna

Basado en las normas antes mencionadas y la consulta de diferentes manuales de fabricantes, se determinaron las acciones y la frecuencia para realizar el mantenimiento en las diferentes clases y marcas de motores encontrados en la industria. Las cuales se encuentran contenidas en la tabla II.

Tabla II. **Motores de combustión interna**

Con el equipos apagado			
Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
1.	Filtro de aire	Semanal	Se deberá realizar una inspección visual y física del estado del filtro purificador de aire.
2.	Bancos de baterías	Semanal	Se deberá revisar visual y físicamente el estado de los bancos de baterías, sus estructuras de resguardo y ubicación y sus conexiones.
3.	Sistema de refrigeración de motor diésel	Semanal	Inspección y revisión del depósito de refrigerante e inspección visual y física de mangueras de refrigerante.
4.	Pre calentador del aceite de motor	Semanal	Verificación de funcionamiento del pre calentador del motor de combustión interna.
5.	Sistema de escape	Semanal	Inspección visual del estado a tuberías, aislantes y demás componentes del sistema de escape.
6.	Aceite de motor	Semanal	Verificar que el nivel de aceite del motor sea el correcto.
7.	Motor de combustión	Mensual	Limpieza externa al motor de combustión y a sus componentes.
8.	Temperatura de motor	Mensual	Verificación y documentación de la temperatura del motor antes del funcionamiento entre 40 °C a 50 °C

Continuación de la tabla II.

9.	Banco de baterías	Mensual	Medición y documentación del nivel de líquido de las baterías a los bancos de baterías.
10.	Banco de baterías	Mensual	Medición y documentación de la densidad del líquido de baterías a los bancos de baterías.
11.	Banco de baterías	Mensual	Medición y documentación del voltaje de las baterías en los bancos de baterías.
12.	Sistema de escape	Mensual	Inspección del estado del sistema de escape y revisión de la soportería de dicho sistema.
13.	Motor de combustión	Mensual	Inspección y verificación del anclaje del motor.
14.	Línea de refrigeración	Mensual	Verificación del estado físico y funcionamiento del manómetro de la línea de enfriamiento.
15.	Aceite de motor	Mensual	Verificación y documentación de la temperatura del aceite del motor de combustión.
16.	Ventilación de carter de aceite de motor	Mensual	Inspección del estado de conductos, conexiones, empaques al sistema de ventilación de <i>carter</i> de aceite de motor de combustión interna.
17.	Panel auxiliar de control de motor	Mensual	Inspección del estado de <i>display</i> y accesorios del panel auxiliar de motor.
18.	Bancos de baterías	Trimestral	Limpieza y remoción de sulfato a bornes, cables de conexión y atrás accesorios de los bancos de baterías.
19.	Filtro de aire	Trimestral	Realizar limpieza a los filtros de aire del motor de combustión interna.
20.	Línea de enfriamiento	Trimestral	Realizar limpieza a los filtros de las líneas de enfriamiento.
21.	Ventilación del cárter de aceite	Trimestral	Realizar limpieza a sistema de ventilación de cárter de aceite de motor.
22.	Alternador de carga de baterías	Semestral	Inspección del estado físico y funcionamiento del alternador del motor de combustión.
23.	Fajas de motor de combustión	Semestral	Inspección física y de funcionamiento a las fajas del motor de combustión interna.

Continuación de la tabla II.

24.	Escape de motor	Semestral	Verificación del estado del aislante de la tubería de escape.
25.	Motor de arranque	Semestral	Realizar inspección y limpieza a motor de arranque.
26.	Filtro de aire	Anual	Se recomienda el remplazo del filtro de aire de motor. De no ser así, realizar limpieza al elemento. Nota: un filtro no debe exceder los 2 años de uso.
27.	Filtro de combustible	Anual o 50 horas de trabajo	Realizar cambio de filtro de combustible del motor.
28.	Lubricación del motor de combustión interna	Anual o 50 horas de trabajo	Realizar cambio de aceite y filtro de aceite al motor de combustión interna.
29.	Refrigeración de motor	Anual	Realizar cambio de refrigerante a motor de combustión interna.
30.	Línea de enfriamiento	Anual	Limpieza a interior al intercambiador de calor de la línea de enfriamiento.
31.	Línea de enfriamiento	Anual	Verificación de la calibración de manómetros de presión. Reemplazar o recalibrar cuando estén a un 5 % descalibrados.
32.	Línea de enfriamiento	Anual	Calibración de las válvulas reguladoras de presión de los <i>bypass</i> de líneas de enfriamiento.
33.	Motor de combustión	Anual	Realizar afinación de motor de combustión interna.
34.	Sistema de escape	Anual	Prueba de contrapresión a sistema de escape de motor de combustión interna, según fabricante. Nota: se recomienda tercerización.
<p>Con el equipo en funcionamiento</p> <p>Nota: para realizar inspecciones o pruebas con el equipo en funcionamiento, el personal debe extremar precauciones. Adecuándose a normas y principios de seguridad industrial, previamente establecidos por Fuego y Seguridad S.A. Además, usar en todo momento su equipo de protección personal.</p>			
Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
35.	Válvulas de refrigeración	Semanal	Inspección del correcto funcionamiento de las líneas de enfriamiento.
36.	Línea de refrigeración	Semanal	Verificar y documentar la presión de la línea de enfriamiento 25 - 30 PSI.

Continuación de la tabla II.

37.	Temperatura de motor	Semanal	Verificar y documentar que los valores de temperatura del motor se encuentren en los rangos adecuados que son de 175 a 195 °F o 80 a 88 °C.
38.	Aceite de motor	Semanal	Verificar y documentar los valores de presión de aceite del motor que oscilan entre 50 a 75 PSI.
39.	Motor de combustión	Semanal	Documentación de las horas de trabajo del motor de combustión.
40.	Panel auxiliar de motor de combustión	Semanal	Inspección del correcto funcionamiento del <i>display</i> del panel auxiliar.
41.	Arranque de motor	Mensual	Arranque de motor a través del panel auxiliar de motor, con los diferentes bancos de baterías.
42.	Motor de arranque	Mensual	Inspección del debido funcionamiento al motor de arranque a través de los diferentes arranques.
43.	Motor de combustión interna	Mensual	Verificación de existencia de ruidos o vibraciones anormales en el motor de combustión interna.
44.	Alternador de motor de combustión interna	Mensual	Medición e inspección del estado y funcionamiento de alternador de motor de combustión interna.
45.	Sistema de escape de motor de combustión interna	Mensual	Inspección de la calidad, color y olor de los gases de humo y verificar la existencia de fugas.
46.	Sistema de refrigeración	Mensual	Verificación de existencia de fugas en el sistema o anomalías en el sistema.
47.	Válvula solenoide de agua de enfriamiento	Mensual	Inspección del funcionamiento adecuado de la válvula solenoide.
48.	Velocidad de motor	Mensual	Verificar y documentar las revoluciones de funcionamiento del motor.
49.	Presión de aceite según tablero de motor	Mensual	Verificación de funcionamiento de la supervisión de presión de aceite.
50.	Panel auxiliar de motor	Mensual	Inspección del debido funcionamiento del panel auxiliar de motor y sus componentes como: botoneras, <i>display</i> y selectores.

Fuente: elaboración propia.

2.3. Diseño de mantenimiento preventivo a bombas hidráulicas para sistemas contra incendios

Para el desarrollo del programa de mantenimiento a bombas hidráulica para los sistemas contra incendios, se tomaron referencias de diferentes manuales de fabricantes, así como la consulta de las normas NFPA mencionadas en el inciso 2.1 de este informe. Es de importancia mencionar que en lo referente al mantenimiento de la bomba, se tomaron e incluyeron dispositivos que inciden directamente en el funcionamiento o sistema de la bomba.

Dichas rutinas de mantenimiento están divididas según el tipo de bomba que pueda encontrarse en la industria, las rutinas de mantenimiento y su frecuencia están contenidas en diferentes tablas contenidas en este capítulo.

La tabla III que a continuación se muestra, incluye el mantenimiento preventivo a los equipos complementarios de bombas contra incendio: válvulas, medidores de presión, etc.

Tabla III. **Equipos complementarios del sistema de bombeo**

Con el equipo apagado			
Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
1.	Válvula de succión	Semanal	Verificación visual de la apertura de válvula de succión de la bomba contra incendios.
2.	Válvula de descarga	Semanal	Verificación visual de la apertura de válvula de descarga de la bomba contra incendios.
3.	Válvula de succión	Mensual	Prueba de cierre y apertura de válvula de succión de la bomba contra incendios.

Continuación de la tabla III.

4.	Válvula de descarga	Mensual	Prueba de cierre y apertura de válvula de succión de la bomba contra incendios.
5.	Válvula de succión	Mensual	Verificación de supervisión electrónica y bloqueo de válvula de succión de la bomba contra incendios.
6.	Válvula de descarga	Mensual	Verificación de supervisión electrónica y bloqueo de válvula de descarga de la bomba contra incendios.
7.	Válvula <i>check</i>	Mensual	Inspección del estado de la válvula <i>check</i> del sistema de alimentación.
8.	Válvula de recirculación	Mensual	Inspección del estado válvula de recirculación del sistema de bombeo.
9.	Válvula de alivio	Mensual	Inspección del estado a la válvula de alivio.
10.	Válvula eliminadora de aire	Mensual	Inspección del estado de válvula eliminadora de aire.
11.	Medidores de presión	Mensual	Verificación del estado de medidores de presión de succión y descarga del sistema.
12.	Tuberías del sistema	Mensual	Inspección de las condiciones y estado de las tuberías de succión y descarga, así como la soportería de las mismas.
13.	Medidores de presión	Anual	Verificar exactitud de indicadores de presión. Reemplazar o recalibrar cuando estén a un 5 % descalibrados.
<p>Con el equipo encendido</p> <p>Nota: para realizar inspecciones o pruebas con el equipo en funcionamiento, el personal debe extremar precauciones. Adecuándose a normas y principios de seguridad industrial, previamente establecidos por Fuego y Seguridad S.A. Además, usar en todo momento su equipo de protección personal.</p>			
Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
14.	Presión de salida	Semanal	Verificar y registrar lectura de presión de descarga de la bomba contra incendios.
15.	Presión de succión	Semanal	Verificar y registrar lectura de manómetro de succión de la bomba.

Continuación de la tabla III.

16.	Válvula de recirculación	Semanal	Inspección de funcionamiento y ausencia de fugas a válvula de recirculación del sistema de bombeo.
17.	Válvula de alivio	Semanal	Inspección de funcionamiento y ausencia de fugas a válvula de alivio.
18.	Válvula eliminadora de aire	Semanal	Inspección de funcionamiento y ausencia de fugas a válvula eliminadora de aire.
19.	Válvula <i>check</i>	Semanal	Inspección de funcionamiento y ausencia de fugas a válvula <i>check</i> de la línea.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla IV se muestran las diferentes inspecciones, revisiones y acciones a tomar para desarrollar el mantenimiento preventivo a bombas contra incendios del tipo carcasa bipartida.

Tabla IV. **Bomba de carcasa-bipartida**

Con el equipos apagado			
Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
1.	Bomba de agua	Semanal	Inspeccionar condiciones físicas generales de la bomba.
2.	Cojinetes lubricados por aceite	Semanal	Verificar y rellenar de ser necesario el nivel de aceite lubricante.
3.	Drenaje de carcasa	Mensual	Verificar que no existan obstrucciones en el drenaje de carcasa de la bomba en equipos lubricados por agua.
4.	Cojinetes lubricados por grasa	Mensual	Inspección visual del estado de cojinetes y verificar y mantener la cantidad de grasa para los mismos, se recomienda llenar 1/3 de la grasera.

Continuación de la tabla IV.

5.	Cojinetes lubricados por aceite	Mensual	Verificar estado y lubricante de cojinetes.
6.	Cojinetes de bomba lubricados por grasa	Anual	Limpieza y cambio de grasa lubricante a cojinetes según fabricante. Si no se cuenta con dicha información, utilizar grasas NGLI No 1 o No 2 de base de litio.
7.	Cojinetes lubricados por aceite	Anual	Limpieza y cambio de aceite lubricante a cojinetes según fabricante. Si no se cuenta con dicha información, utilizar aceites SAE 10 o 20.
8.	Empaquetaduras	Anual	Revisión de empaquetaduras de eje de bomba y reemplazar si fuera necesario.
9.	Bomba de agua	Anual	Verificación de la correcta alineación de la bomba de agua según fabricante.
10.	Bomba de agua Nota: Se debe obtener un listado de repuestos según el fabricante	Triannual	Desmontaje parcial de bomba en carcasa superior, dando acceso a piezas y partes móviles. Lavado y limpieza a partes móviles de la bomba, inspección de impulsor, ejes cojinetes y demás piezas móviles en busca de desgaste o daño.
<p>Con el equipo encendido</p> <p>Nota: para realizar inspecciones o pruebas con el equipo en funcionamiento, el personal debe extremar precauciones. Adecuándose a normas y principios de seguridad industrial, previamente establecidos por Fuego y Seguridad S.A. Además, usar en todo momento su equipo de protección personal.</p>			
Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
11.	Prensa estopas	Semanal	Inspección y ajuste de los prensa estopas de la bomba de agua para que no exista excesiva fuga.
12.	Bomba de agua	Semanal	Verificar existencia de ruidos o vibración en el equipo de bombeo.
13.	Bomba de agua	Mensual	Verificar que se encuentra sin calentamiento el cuerpo de la bomba.
14.	Cojinetes	Mensual	Inspección y verificación de existencia de ruidos anormales en cojinetes del eje de bomba

Continuación de la tabla III.

15.	Bomba de agua	Anual	Prueba de la bomba de agua con flujo o demanda con varios dispositivos activados.
16.	Bomba de agua	Anual	Prueba de eficiencia de bomba con flujo de 150 % de la capacidad nominal.

Fuente: elaboración propia.

La tabla V, que a continuación se muestra, contiene las diferentes acciones a tomar para desarrollar el mantenimiento preventivo a bombas contra incendio tipo turbina.

Tabla V. **Bombas tipo turbina**

Con el equipos apagado			
Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
1.	Bomba de agua	Semanal	Inspeccionar condiciones físicas generales de la bomba.
2.	Cojinetes de eje encerrado lubricado por aceite	Semanal	Verificar y rellenar de ser necesario el nivel de aceite lubricante.
3.	Cojinetes lubricados por grasa	Mensual	Inspección visual del estado de cojinetes y verificar y mantener la cantidad de grasa para los mismos, se recomienda llenar 1/3 de la grasería.
4.	Cojinetes eje encerrado lubricado por aceite	Mensual	Verificar estado de cojinete y lubricante de cojinetes en busca de variaciones de color, suciedad.
5.	Drenaje de carcasa	Mensual	Verificar que no existan obstrucciones en el drenaje de carcasa de la bomba en el caso de equipos lubricados por agua.
6.	Eje de bomba	Mensual	Inspección visual del eje de cabeza e impulsor de bomba en busca de daño superficial como rallones y picaduras.

Continuación de la tabla V.

7.	Prensa estopas	Mensual	Inspección visual del estado de prensa estopas y empaquetaduras.
8.	Cojinetes de bomba lubricados por grasa	Anual	Limpieza y cambio de grasa lubricante a cojinetes. Si no se cuenta con dicha información, utilizar grasa NGLI No 1º No 2 de base de litio.
9.	Cojinetes de ejes encerrados lubricados por aceite	Anual	Limpieza y cambio de aceite lubricante a cojinetes. Si no se cuenta con dicha información, utilizar aceites SAE 10 o 20.
10.	Empaquetaduras	Anual	Revisión de empaquetaduras de bomba.
11.	Bomba de agua	Anual	Verificación de la correcta alineación de la bomba de agua según fabricante.
12.	Bomba de agua Nota: Se debe obtener un listado de repuestos y equipos auxiliares según indique el fabricante	Quinquenio	Extracción de la bomba. Lavado y limpieza a partes móviles de la bomba, inspección de impulsor, ejes cojinete y demás piezas móviles en busca de desgaste o daño.
Con el equipo encendido			
NOTA: para realizar inspecciones o pruebas con el equipo en funcionamiento, el personal debe extremar precauciones. Adecuándose a normas y principios de seguridad industrial, previamente establecidos por Fuego y Seguridad S.A. Además, usar en todo momento su equipo de protección personal.			
Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
13.	Prensa estopas	Semanal	Inspección de funcionamiento de los prensa estopas de la bomba de agua para que no exista excesiva fuga.
14.	Bomba de agua	Semanal	Verificar existencia de ruidos o vibración en el equipo de bombeo.
15.	Bomba de agua	Mensual	Verificar que se encuentra sin calentamiento el cuerpo de la bomba.
16.	Cojinetes	Mensual	Inspección y verificación de existencia de ruidos anormales en cojinetes del eje de bomba
17.	Bomba de agua	Anual	Prueba de la bomba de agua con flujo o demanda con varios dispositivos activados.
18.	Bomba de agua	Anual	Prueba de eficiencia de bomba con flujo de 150 % de la capacidad nominal.

Fuente: elaboración propia.

2.4. Diseño de mantenimiento preventivo a paneles eléctricos de control para bombas contra incendio

Para el desarrollo del mantenimiento preventivo, adecuado para los diferentes paneles para sistemas de bombeo encontrados en la industria, están basado en las normas mencionadas al inicio del capítulo y la consulta de diferentes manuales de fabricantes, con la cual se determinaron las acciones y la frecuencia para realizar el mantenimiento a las diferentes componentes y funciones de los tableros eléctricos de control para sistemas de bombeo de combustión interna. Dichas acciones están incluidas en la tabla VI.

Tabla VI. **Paneles eléctricos**

Con el equipos apagado			
Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
1.	Tablero eléctrico	Semanal	Verificación de que el tablero se encuentra debidamente cerrado y asegurado.
2.	Tablero eléctrico	Semanal	Inspección general a tablero eléctrico de control.
3.	Selector de operación	Semanal	Verificación que el equipo se encuentre en automático.
4.	Tablero eléctrico	Mensual	Verificación de que los componentes internos del tablero se encuentren aprobados UL y FM
5.	Tablero eléctrico	Mensual	Verificación que las instalaciones eléctricas, acometidas, cableado estén libres de daño.
6.	Interruptor de presión	Mensual	Verificación de que el interruptor de presión cuente con aprobaciones UL y FM
7.	<i>Display</i>	Mensual	Verificación de funcionamiento de <i>display</i> o pantalla del tablero.
8.	Programador	Mensual	Verificación de funcionamiento del sistema de programación de panel de control.

Continuación de la tabla VI.

9.	Focos piloto	Mensual	Se verifico que todos los focos piloto de tablero estén en funcionamiento.
10.	Alimentación de voltaje	Mensual	Medición y documentación del voltaje de alimentación de tablero de control, aproximado de 110 vac.
11.	Acometida eléctrica de alimentación	Mensual	Verificar que la acometida sea independiente y que su estado sea adecuado.
12.	Cargador de baterías	Mensual	Medición y documentación del voltaje del cargador de los bancos de baterías 1 y 2, aproximado de 24 vdc.
13.	Panel eléctrico	Mensual	Realizar limpieza a tablero de control y sus componentes.
14.	Línea piloto	Mensual	Verificación de funcionamiento de línea piloto.
15.	Línea piloto	Mensual	Verificación que la línea piloto cumple los estándares de norma NFPA 20 inciso 5.29.
16.	Conectores y terminales eléctricos	Mensual	Verificación y ajuste a conexiones y terminales eléctricas en componentes del tablero de control.
17.	Simulación de falla en bancos de baterías	Mensual	Operar y verificar el funcionamiento de la simulación de falla en bancos de baterías.
18.	Simulación de falla de bajo nivel de combustible	Mensual	Operar y verificar el funcionamiento de la simulación de falla de bajo nivel de combustible.
19.	Simulación de falla de bajo nivel de agua	Mensual	Operar y verificar el funcionamiento de la simulación de falla de bajo nivel de agua de alimentación.
20.	Simulación de falla en cargador de baterías	Mensual	Operar y verificar el funcionamiento de la simulación de falla en cargadores de bancos de baterías.
21.	Simulación de falla en motor de combustión interna	Mensual	Operar y verificar el funcionamiento de la simulación de falla en motor de combustión interna.
22.	Simulación de falla de alimentación principal de panel de control	Mensual	Operar y verificar el funcionamiento de la simulación de falla de alimentación de panel de control.

Continuación de la tabla VI.

23.	Señal audible	Mensual	Verificar el funcionamiento de la señal audible del tablero de control.
24.	Programación de tablero	Mensual	Verificar y documentar a través de la programación del panel, presión de arranque, presión de paro, tiempo de retardo de arranque y tiempo de retardo después de restablecida la presión.
25.	Supervisión de falla de arranque	Anual	Verificación de funcionamiento de la supervisión de falla de arranque de motor.
26.	Interruptor de presión	Anual	Verificación de exactitud y funcionamiento de interruptor de presión.
27.	Línea piloto	Anual	Verificación de la calibración de manómetros de presión. Reemplazar o recalibrar cuando estén a un 5 % descalibrados.
28.	Panel de control	Anual	Mantenimiento a los dispositivos y accesorios del tablero de control.
<p>Con el equipo encendido</p> <p>Nota: para realizar inspecciones o pruebas con el equipo en funcionamiento, el personal debe extremar precauciones. Adecuándose a normas y principios de seguridad industrial, previamente establecidos por Fuego y Seguridad S.S. Además, usar en todo momento su equipo de protección personal.</p>			
Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
29.	Arranque de motor	Semanal	Arranque de motor de combustión desde la posición de prueba del tablero, el arranque debe durar un mínimo de 30 minutos previamente programado en el panel.
30.	Supervisión local de tablero	Semanal	Verificación de funcionamiento de la señal local de equipo en funcionamiento.
31.	Supervisión remota de tablero	Mensual	Verificación de funcionamiento de señal remota de equipo en funcionamiento a tablero de alarmas.
32.	Supervisión de funcionamiento de motor	Mensual	Verificación de funcionamiento de la supervisión de funcionamiento de motor.

Continuación de la tabla VI.

33.	Supervisión de presión de aceite	Mensual	Verificación de funcionamiento de la supervisión de baja presión de aceite en el motor.
34.	Supervisión de temperatura de motor	Mensual	Verificación de funcionamiento de la supervisión de alta temperatura de motor.
35.	Supervisión de velocidad de motor	Mensual	Verificación de funcionamiento de la supervisión de velocidad de funcionamiento de motor.
36.	Arranque de motor	Mensual	Arranque de motor desde la posición de prueba.
37.	Arranque de motor	Mensual	Arranque de motor en la posición manual del tablero con los diferentes bancos de baterías.
38.	Botón de paro manual	Mensual	Verificación de funcionamiento de botón de paro manual del tablero.
39.	Presión de aceite	Mensual	Documentación y monitoreo de presión de aceite del motor durante el funcionamiento.

Fuente: elaboración propia.

Nota: después de realizadas las pruebas se debe verificar que el tablero de alarmas quede restaurado y libre de señales de problemas, supervisiones o alarmas.

2.5. Diseño de mantenimiento preventivo a reductores de velocidad para bombas contra incendios

A continuación, se presenta una tabla con las acciones para el desarrollo del mantenimiento preventivo de las cajas reductoras de velocidad del sistema de bombeo contra incendios; para su desarrollo se consultaron las normas NFPA antes mencionadas y manuales de diferentes fabricantes, de las cuales se derivan las acciones y la frecuencia para realizar el mantenimiento.

Tabla VII. **Reductores de velocidad**

Con el equipos apagado			
Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
1.	Aceite de lubricación	Semanal	Verificación de nivel adecuado de aceite en la caja de engranajes.
2.	Aceite de lubricación	Mensual	Verificación del estado del aceite en condición, limpieza, viscosidad.
3.	Aceite de lubricación	Anual	Inspección a pequeña muestra de aceite con el fin de evaluar su estado.
4.	Aceite de lubricación	Triannual o un máximo de 200 hrs de trabajo	Cambio de aceite a caja reductora de velocidad según fabricante. Si no se cuenta con dicha información utilizar aceites SAE 10 o 20.
5.	Reductor de velocidad	Triannual	Inspección, ajuste a tornillos tuercas y demás equipos de sujeción. Así como la verificación de engranajes.
6.	Rodamientos	Quinquenio	Cambio de los rodamientos de la caja reductora de velocidad.
7.	Retenedores de aceite	Quinquenio	Cambio de los retenedores de aceite de lubricación de la caja de engranajes.
8.	Anillos, empaques, chavetas y otros accesorios	Quinquenio	Reemplazo de equipos auxiliares de sellado y demás accesorios de sellado y rotación.
9.	Medidor de aceite	Quinquenio	Se recomienda el remplazo del medidor visible de aceite de la caja reductora de velocidad.
10.	Engranajes	Quinquenio	Inspección del estado de los engranajes, en busca de daño. Reemplazar de ser necesario.
11.	Ejes de conexión, de la caja hacia el eje de bomba e impulsor	Quinquenio	Inspección del estado de los ejes en busca de daño. Reemplazar de ser necesario.
Con el equipo encendido			
<p>Nota: para realizar inspecciones o pruebas con el equipo en funcionamiento, el personal debe extremar precauciones. Adecuándose a normas y principios de seguridad industrial, previamente establecidos por Fuego y Seguridad S.A. Además, usar en todo momento su equipo de protección personal.</p>			

Continuación de la tabla VII.

Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
12.	Aceite de lubricación	Semanal	Verificación visual de existencia de goteo o fugas de aceite en tapones y sellos.
13.	Reductor de velocidad	Mensual	Verificación de existencia de ruidos o vibraciones anormales en la caja reductora de velocidad.
14.	Carcaza de reductor de velocidad	Mensual	Verificación de la temperatura del cabezal y carcasa de la caja reductora de velocidad.

Fuente: elaboración propia.

2.6. Diseño de mantenimiento preventivo a conexiones de ejes en bombas contra incendios

Existen dos tipos básicos de conexiones entre ejes usados en los sistemas de bombeo contra incendios: los ejes de conexión flexible y los acoplamientos flexibles. Cada uno de estos componentes tiene aplicaciones y componentes diferentes aunque su finalidad sea la misma, es por eso que para esta guía se desarrollan guías de mantenimiento independiente para cada sistema.

2.6.1. Diseño de mantenimiento preventivo a ejes de conexión flexible para sistemas de bombeo contra incendios

Como ya fue mencionado anteriormente los ejes de conexión flexible son utilizados en sistemas de bombeo con bombas verticales tipo turbina para la cual se consultaron las normas antes mencionadas y la consulta de diferentes manuales de fabricantes; a través de esto se determinaron las acciones y la frecuencia para realizar el mantenimiento. Las cuales están incluidas en la tabla VIII.

Tabla VIII. Ejes de conexión flexible

Con el equipos apagado			
Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
1.	Sistema de transmisión	Mensual	Verificar que el sistema de transmisión de potencia cuente con guardas de protección en buen estado.
2.	Sistema de transmisión	Mensual	Inspección visual del estado del sistema de transmisión de potencia.
3.	Eje de conexión	Anual	Medición del juego horizontal de las uniones de los ejes y flechas del eje de conexión flexible, el cual no debe exceder 1,5 mm.
4.	Eje de conexión	Anual	Medición del juego angular de las uniones de los ejes y flechas del eje de conexión flexible, el cual no debe exceder 0,5 mm.
5.	Eje de conexión	Anual	Medición del juego vertical de las uniones de los ejes y flechas del eje de conexión flexible, el cual no debe exceder 1 mm.
6.	Eje de conexión	Anual	Lubricación a uniones de flechas según recomendaciones de fabricante. Si no se cuenta con dicha información, utilizar grasa grafitada NGLI No 1 de base de litio.
7.	Elementos mecánicos	Anual	Inspección de los elementos que componen el sistema de transmisión, así como su fijación.
<p>Con el equipo encendido</p> <p>Nota: para realizar inspecciones ó pruebas con el equipo en funcionamiento, el personal debe extremar precauciones. Adecuándose a normas y principios de seguridad industrial, previamente establecidos por Fuego y Seguridad S.A. Además, usar en todo momento su equipo de protección personal.</p>			
Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
8.	Sistema de transmisión	Mensual	Verificación de existencia de ruidos o vibraciones anormales en el sistema de transmisión.
9.	Sistema de transmisión	Semestral	Verificación de vibraciones o anomalías por medio de luz estroboscópica.

Fuente: elaboración propia.

2.6.2. Diseño de mantenimiento preventivo a acoples de conexión flexible para bombas contra incendios

Los acoples de conexión flexible son equipos utilizados únicamente para sistemas de bombeo que utilizan bombas centrífugas de carcasa bipartida. Al igual que los demás componentes para el desarrollo del mantenimiento preventivo de este equipo se consultaron las normas NFPA antes mencionadas y la consulta de diferentes manuales de fabricantes, se determinaron las acciones y la frecuencia para realizar el mantenimiento. Las cuales están incluidas en la tabla IX.

Tabla IX. **Acoples de conexión flexible**

Con el equipos apagado			
Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
1.	Sistema de acoplamiento	Mensual	Verificar que el sistema de acoplamiento cuente con guardas de protección en buen estado.
2.	Sistema de acople de ejes	Mensual	Verificación del juego existente entre el sistema de acoplamiento de ejes.
3.	Sistema de acople de ejes	Anual	Verificar alineación de los ejes de bomba y motor.
4.	Sistema de acople de ejes	Anual	Verificación de los des-alineamientos entre los ejes, desalineación paralela y angular.
5.	Acoples	Anual	Lubricación de acoples con grasa según fabricante. Si no se cuenta con esta información, se recomiendan grasas NLGI No 1 o No 2.
Con el equipo encendido			
Nota: para realizar inspecciones o pruebas con el equipo en funcionamiento, el personal debe extremar precauciones. Adecuándose a normas y principios de seguridad industrial, previamente establecidos por Fuego y Seguridad S.A. Además, usar en todo momento su equipo de protección personal.			
Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
6.	Sistema de acoplamiento	Mensual	Verificación de existencia de ruidos o vibraciones anormales en el sistema de acoplamiento.

Fuente: elaboración propia.

2.7. Diseño de mantenimiento preventivo a tanques de combustible de sistemas de bombeo contra incendios

Al igual que con el resto de componentes del sistema de bombeo contra incendios, el desarrollo del mantenimiento preventivo está basado en las normas NFPA mencionadas al inicio del capítulo y la consulta de diferentes manuales de fabricantes; a través de esto se determinó las acciones y la frecuencia para realizar el mantenimiento. Las cuales están incluidas en la tabla X.

Tabla X. **Tanque de combustible**

Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
1.	Tanque de combustible	Semanal	Inspección del nivel de combustible que posee el tanque, debe poseer un nivel mayor a los $\frac{3}{4}$ de la capacidad del tanque.
2.	Área circundante	Semanal	Verificación de ausencia de posibles fuentes de ignición u otros materiales o químicos inflamables cercanas al tanque de combustible.
3.	Área circundante y tanque de combustible	Mensual	Inspección del adecuado estado de rótulos y señalizaciones en el área del tanque y área circundante.
4.	Interruptor de flotador del tanque	Mensual	Operación del interruptor de flotador para verificar su funcionamiento.
5.	Válvula solenoide del tanque de combustible, si cuenta con ella	Mensual	Operación de válvula solenoide para verificar su funcionamiento.
6.	Mangueras y conectores flexibles	Mensual	Inspección del estado físico de mangueras y accesorios flexibles del tanque de combustible.
7.	Tuberías de combustible	Mensual	Inspección del estado físico a tuberías de combustible.
8.	Válvulas de paso y accesorios de las líneas de combustible	Mensual	Inspección visual del estado de válvulas y demás accesorios con los que cuentan las líneas de combustible.

Continuación de la tabla X.

9.	Medidores de nivel y sus accesorios	Mensual	Inspección visual del estado de los medidores de nivel del tanque de combustible.
10.	Venteo del tanque	Mensual	Inspección que no existan obstrucciones en la tubería de venteo del tanque de combustible, utilización de equipo de protección personal adecuado es necesario.
11.	Válvulas de paso	Trimestral	Prueba de funcionamiento de válvulas de paso de las líneas de combustible.
12.	Tamiz, filtro, canal de sedimentos y otros.	Trimestral	Limpieza a los dispositivos de filtración y remoción de sedimentos e impurezas. Remoción aproximada de 5 galones de combustible e impurezas.
13.	Tanque de combustible	Anual	Inspección de las condiciones físicas y estructurales del tanque de combustible.
14.	Medidores de nivel y accesorios	Triannual	Limpieza y verificación del estado del medidor de nivel y sus accesorios del tanque de combustible.

Fuente: elaboración propia.

2.8. Diseño de mantenimiento preventivo a tanques de abastecimiento de agua para sistemas de bombeo contra incendios

Para el desarrollo del programa de mantenimiento preventivo a tanques de abastecimiento de agua para los sistemas de bombeo contra incendios, se consultaron las normas NFPA mencionadas en el inciso 2.1 de este informe. Dichas rutinas de mantenimiento preventivo, incluyen los procedimientos a efectuar para los diferentes tipos de tanques abastecedores de agua para los sistemas contra incendio. Están divididas según el tipo de bomba que pueda encontrarse en la industria, las rutinas de mantenimiento y su frecuencia están contenidas en diferentes tablas contenidas en este capítulo.

La tabla XI muestra e incluye el mantenimiento preventivo a los equipos complementarios de bombas contra incendio: válvulas, medidores de presión, etc.

Tabla XI. Tanque de abastecimiento de agua

Numeral	Actividad	Frecuencia	Observaciones
1.	Temperatura de agua	Diaria	Inspección de la temperatura del agua, la cual no debe ser menor a 4 °C.
2.	Nivel de agua (sistemas sin supervisión de bajo nivel de agua)	Semanal	Inspección de nivel de agua en el tanque de abastecimiento.
3.	Válvulas de control	Semanal	Verificación visual del posicionamiento correcto de apertura y cierre de válvulas de control del tanque.
4.	Nivel de agua para los sistemas con supervisión de bajo nivel de agua	Mensual	Inspección de nivel de agua en el tanque de abastecimiento.
5.	Área y tanque de abastecimiento de agua	Mensual	Inspección del adecuado estado de rótulos y señalizaciones en el área del tanque y área circundante.
6.	Válvula de suministro	Mensual	Inspección y prueba de funcionamiento a válvula de suministro de agua en el tanque de abastecimiento.
7.	Válvula de altitud	Mensual	Inspección de funcionamiento a válvula de altitud en tanque de abastecimiento de agua.
8.	Válvula de flotador	Mensual	Inspección de funcionamiento de válvula de flotador en tanque de abastecimiento de agua.
9.	Cisterna	Mensual	Inspección visual del estado de las paredes del tanque de abastecimiento de agua.
10.	Tanque de abastecimiento	Mensual	Inspección de línea de retorno de agua.
11.	Tubo de venteo para tanques cerrados	Mensual	Inspección a tubería de venteo del tanque de abastecimiento de agua.
12.	Agua del tanque	Mensual	Inspección del estado del agua en el tanque de abastecimiento: color, partículas o suciedad, sedimento.

Continuación de la tabla XI.

13.	Pasarelas y escaleras	Mensual	Inspección del estado de pasarelas y escaleras en el tanque de abastecimiento de agua.
14.	Área circundante	Mensual	Verificación de la no existencia de materiales que presenten riesgos de fuego y corrosión.
15.	Válvula <i>Check</i> de cisterna si posee	Mensual	Inspección del estado y funcionamiento de la válvula <i>check</i> .
16.	Estructura exterior del tanque de agua	Mensual	Realizar inspección a la estructura exterior en busca de daño, corrosión o cualquier anomalía que comprometa la estructura del tanque.
17.	Estructura de soporte en tanques elevados	Mensual	Inspección a la estructura de soporte de tanque de abastecimiento de agua, en busca de daño, corrosión y anomalías que comprometan la estructura.
18.	Nivel de agua en sistemas con supervisión de nivel de agua	Trimensual	Inspección de los medidores nivel de agua del tanque y funcionamiento del sistema de monitoreo de nivel de agua.
19.	Superficies pintadas o revestidas	Semestral	Inspección del estado y condiciones de superficies pintadas ó revestidas.
20.	Alarmas de nivel de agua	Semestral	Prueba de funcionamiento de alarmas de nivel de agua en tanque de abastecimiento.
21.	Filtros de agua para foso húmedo y tanques elevados	Semestral	Extracción y limpieza de los filtros de partículas y suciedad.
22.	Juntas de expansión	Anual	Verificación del estado de juntas de expansión del tanque de abastecimiento de agua.
23.	Agua de cisterna	Anual	Drenaje total del agua del tanque para eliminación del de sedimentos.
24.	Válvulas de control	Anual	Mantenimiento a válvulas de control del abastecimiento de agua.
25.	Superficies expuestas de los tanques	Bianual	Las superficies de tanque, tubería y accesorios que se encuentren expuestas deben pintarse.

Continuación de la tabla XI.

26.	Cisterna de agua para tanques sin protección contra corrosión	Triannual	Inspección a paredes interiores de cisterna de agua en busca de grietas, corrosión o daño en las paredes interiores del tanque de abastecimiento de agua.
27.	Cisterna de agua para tanques con protección contra corrosión	Quinquenio	Inspección a paredes interiores de cisterna de agua en busca de grietas, corrosión o daño en las paredes interiores del tanque de abastecimiento de agua.
28.	Indicadores de nivel	Quinquenio	Prueba de funcionamiento y calibración a los indicadores de nivel de agua en el tanque de abastecimiento.
29.	Indicadores de presión	Quinquenio	Prueba de funcionamiento y calibración a los indicadores de presión del tanque de abastecimiento de agua.

Fuente: elaboración propia.

Es importante mencionar que en lo referente a tratamientos químicos para adecuar o mejorar las propiedades del agua, se llevan a cabo directamente por análisis realizados por la empresa o institución a la que pertenezca el sistema.

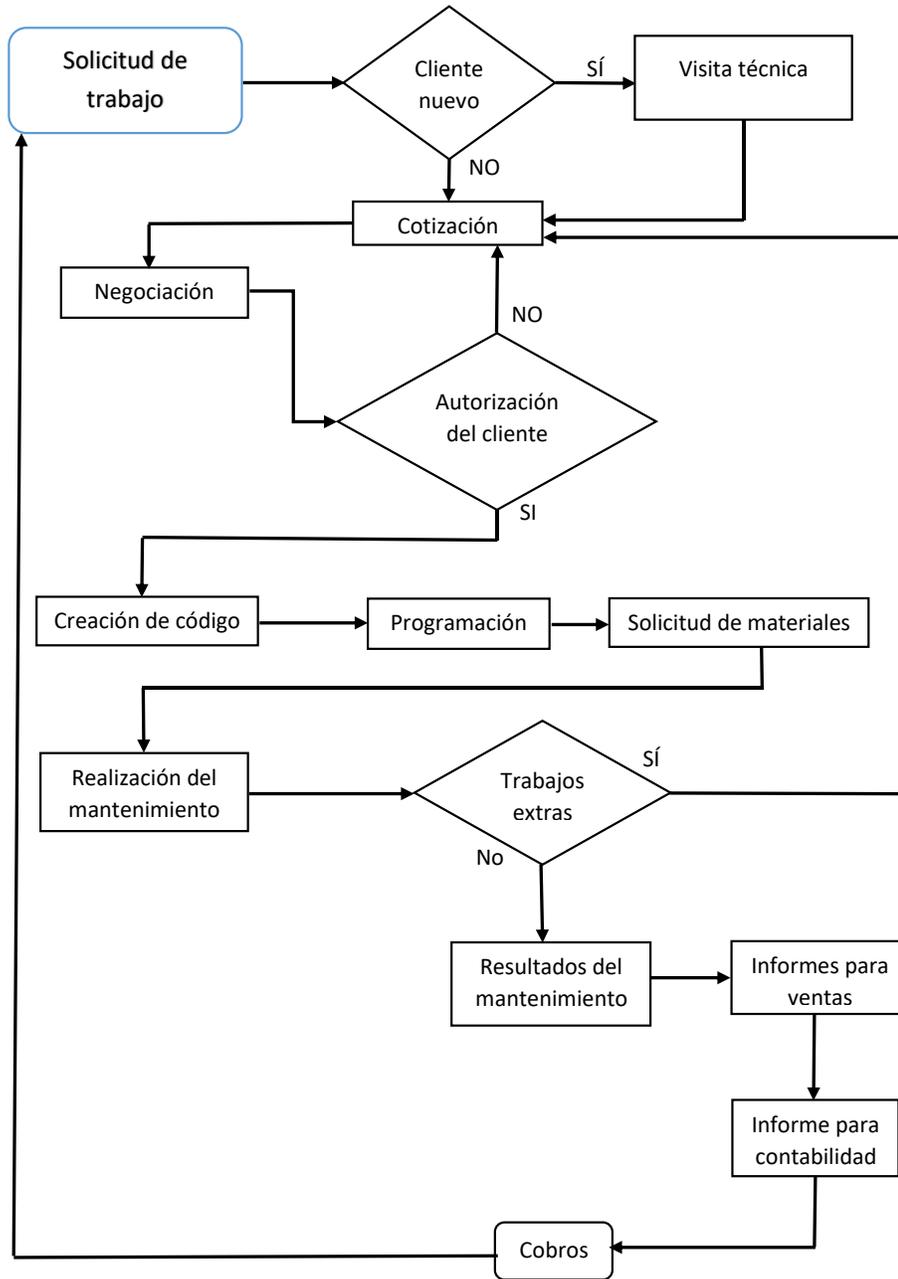
2.9. Procedimientos a cambiar en la realización del mantenimiento

Se detectaron ciertos aspectos que pueden ayudar a mejorar todo el procedimiento que concierne a los mantenimientos y a las operaciones en la institución; dichos aspectos están divididos según el área o proceso que afectan y se detallan en los siguientes incisos.

2.9.1. Propuesta de cambio en el proceso del mantenimiento

En este rubro se tiene como principal propuesta de cambio, el proceso de la realización de los mantenimientos. Para lo cual se busca introducir un sistema de aviso temprano, haciendo un movimiento en alguno de los procesos. El cual consiste en informar con mayor agilidad y aprovechando el uso de la tecnología para hacer llegar la información de manera más ágil, en la figura 19 se muestra la nueva estructura del mantenimiento.

Figura 19. Nuevo proceso



Fuente: elaboración propia.

Con el cambio de ubicación en la existencia de los trabajos extras se agilizará el envío de información al personal de ventas y al cliente que requiere los trabajos. Esto se lograra a través de la utilización de un teléfono celular, el cual debe ser adquirido aprovechando la existencia de aplicaciones para traslado de información como: WhatsApp, Messenger, Line, entre otros.

Con esta herramienta se busca, que cuando exista la necesidad de realizar un trabajo extra o cambio necesarios de equipo, el personal técnico haga llegar dicha información adjuntando fotografías a la jefatura del departamento de servicios, para que este lo reenvíe la información al departamento de ventas quien es el encargado de informar y cotizar al cliente con mucho mejor margen de tiempo, en comparación con el modelo actual en el que se espera la llegada de los técnicos, sus resultados y notas para luego cotizar; además de que si existiese alguna duda con el equipo, el personal tendría que regresar nuevamente al lugar de trabajo .

Como ya se mencionó esto ayudará agilizando el flujo de información y de cotizaciones, como beneficio adicional los teléfonos celulares permitirán un mejor control y supervisión sobre el personal de servicios. Sin embargo, también significa una inversión para la institución ya que deberá adquirir teléfonos celulares para realizar este cambio. Actualmente, existen cinco grupos de trabajo a los cuales se les debe proporcionar un aparato telefónico por grupo, ya que existen diferentes modelos y opciones de contrato de servicios, para lo cual se elaboró la tabla XII.

Tabla XII. **Costo de telefonía**

Tipo de servicio	Costo del aparato	Costo mensual	Total costos de 8 unidades
Contrato de línea	Q 300,00	Q 200,00	Q 1 900,00
Teléfonos tarjeteros	Q 800,00	Q 200,00	Q 2 400,00
NOTA: se cotizaron rangos de precios de equipos celulares de gama media, con el menor rango de minutos y redes telefónicas.			

Fuente: elaboración propia.

2.9.2. Propuesta de cambios de supervisión

Para lo concerniente a las supervisiones por parte de la jefatura de servicios, se busca instaurar un sistema de monitoreo remoto ya que se ha observado la dificultad que existe en la supervisión presencial por parte de los supervisores. Este sistema de control constará básicamente en una hoja digital o física, en la cual el supervisor realice llamadas monitoreando las actividades realizadas, ubicación, estatus del mantenimiento, información y observaciones. Lo cual ayudará a efectuar mejor programación para los servicios brindados. En la figura 20 se presenta un modelo propuesto para dicho control.

Tabla XIII. Hoja de control de personal

Hora	Nombre		Ubicación o institución	Servicio que realizan	estatus	Observaciones y/o solicitudes
7 - 8 hrs						
8 - 9 hrs						
10 - 11 hrs						
11 - 12 hrs						
12 - 13 hrs						
13 - 14 hrs	Almuerzo					
14 - 15 hrs						
15 - 16 hrs						
16 - 17 hrs						
Horas extra						
Horas extra						
Horas extra						

Fuente: elaboración propia.

2.9.3. **Check list** propuestos para el mantenimiento de sistemas de protección contra incendios impulsados por motores de combustión interna

A continuación, se presentan modelos de los nuevos *check-list*, los cuales mantienen similitud con los que se desean reemplazar para facilitar su asimilación para los técnicos del departamento de servicios, los cuales serán los encargados de su redacción y llenado.

La diferencia básica de estos nuevos *check-list*, es que contienen nuevos y más puntos a revisar; además, existirá una división de equipos de bombeo horizontales y verticales, en las cuales también existirá una división entre los diferentes componentes para cada configuración.

Los *check list* elaborados para cumplir con el mantenimiento son:

- Arranque semanal a sistema de bombeo diésel.
- Mantenimiento preventivo a bombas contra incendios de combustión interna horizontales.
- Mantenimiento preventivo a bombas contra incendios de combustión interna verticales.
- Reporte de mantenimiento preventivo al sistema de abastecimiento de agua.

Nota: en los *check list* propuestos se encontrará en cada ítem un espacio para indicar comentarios respecto a cada punto; sin embargo, por considerarse un espacio insuficiente se recomienda el uso de este espacio para indicar una referencia o código el cual puede ser ampliado con mayor libertad en el área de observaciones al final de cada *check list*.

La tabla XIV muestra el *check list* elaborado para el arranque semanal a bomba diésel.

Tabla XIV. Arranque semanal a bomba diésel



PBX: 25 00 55 00
34 calle 10-16 zona 11 las charcas,
ciudad de Guatemala

ARRANQUE SEMANAL A SISTEMA DE BOMBEO DIÉSEL						
Cliente:				Contrato:		
Atención:				Técnico:		
Servicio:				Fecha:		
Sistema:						
Acción	S	N/A	N	Parámetros	Lectura	Comentarios
Motor de combustión interna						
¿El filtro de aire se encuentra en buenas condiciones?						
¿Se encuentran físicamente en buen estado los bancos de baterías?						
¿El depósito de refrigerante tiene el nivel adecuado?				Full		
¿Funciona el precalentador de motor?						
¿El nivel de aceite es el correcto?				Full		
¿Las líneas de enfriamiento están en buenas condiciones físicas y operacionales?						
Presión de agua en línea de enfriamiento				25 - 30 psi		
¿La temperatura del motor es la correcta?				175-190 °F		
Presión de aceite				42 psi		
Horas trabajadas del motor						
¿Se observaron ruidos, vibraciones o fugas en el equipo?						
Bomba de agua						
¿La posición de las válvulas de succión y descarga es la correcta?						
¿El estado y funcionamiento de la válvula de recirculación es correcto?						
¿El estado y funcionamiento de la válvula eliminadora de aire es correcto?						
¿El estado y funcionamiento de la válvula check es correcto?						
¿El estado y funcionamiento de la válvula de alivio es correcto?						

Continuación de la tabla XIV.

Acción	S	N/A	N	Parámetros	Lectura	Comentarios
¿El nivel de lubricante de los cojinetes es el correcto?				Según medidor de nivel		
¿Funciona adecuadamente el prensa-estopa?						
¿La presión de succión es la adecuada?						
¿La presión de descarga es la adecuada?						
¿Se observaron ruidos o vibraciones en el equipo de bombeo?						
Panel eléctrico de control						
¿Se encuentra el sistema de control en automático?						
¿Las condiciones físicas del panel son las adecuadas?						
Modo de arranque				Test		
Cargador de banco de baterías No 1						
Cargador de banco de baterías No 2						
¿Funciona la señal de equipo en funcionamiento?						
Otros equipos complementarios						
¿El nivel de aceite del cabezal de engranajes es el correcto?				Según medidor de nivel		
¿Existen fugas en el cabezal de engranajes?						
¿El área del tanque de combustible está libre y despejada?						
¿El nivel de diésel en el tanque es el correcto?				Mayor a $\frac{3}{4}$		
¿El nivel del tanque de abastecimiento de agua es el correcto?				Lleno		
¿La posición de las válvulas de control del abastecimiento de agua es el adecuado?						
Observaciones:						
ACEPTACIÓN POR PARTE DEL CLIENTE						
Nombre:					Fecha:	
Firma:						

Fuente: elaboración propia.

La tabla XV se aprecia el *check list* referente al mantenimiento de sistemas de bombeo horizontales.

Tabla XV. **Mantenimiento a bombas horizontales**



PBX: 25 00 55 00
34 calle 10-16 zona 11 las charcas,
ciudad de Guatemala

MANTENIMIENTO PREVENTIVO A BOMBAS HORIZONTALES CONTRA INCENDIOS DE COMBUSTIÓN INTERNA							
Cliente:					Contrato:		
Atención:					Técnicos:		
Servicio:					Fecha:		
Sistema:							
F:frecuencia	M: mensual				A: anual		
S = sí	N = no				N/A = no aplica		
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
Panel de control eléctrico							
¿Se encontró el equipo en automático?	M						
¿Se encontró el tablero de control cerrado y asegurado?	M						
¿Se encontró el foco de automático encendido?	M						
¿Los focos pilotos de los cargadores de bancos de baterías funcionan?	M						
¿El tablero y sus componentes siguen aprobados?	M				FM/UL		
¿El interruptor de presión es aprobado?	M				FM/UL		
¿El display funciona adecuadamente?	M						
¿El programador del panel funciona adecuadamente?	M						
¿Se encuentran bien apretados los conductores eléctricos en bornes y terminales?	M						
¿Verificación de voltaje de alimentación del tablero?	M				110 VAC		

Continuación de la tabla XV.

Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿El cargador de baterías del panel de control funciona correctamente? Banco núm. 1	M				24 VDC		
					24 VDC		
Banco núm. 2							
¿Se realizó limpieza interna a panel eléctrico de control?	M						
¿Se encuentra en condiciones operacionales la línea piloto?	M						
¿Se encuentra operando adecuadamente el manómetro de línea piloto?	M						
¿Cumple de acuerdo a los estándares la línea piloto?	M				NFPA 20		
¿La acometida eléctrica del panel es independiente?	M						
¿La instalación eléctrica está libre de daño?	M						
¿Operó la simulación de falla de los bancos de baterías?	M						
¿Operó la simulación de falla de bajo nivel de combustible?	M						
¿Operó la simulación de falla de corriente alterna y cargador de baterías?	M						
¿Operó la simulación de falla de bajo nivel de agua?	M						
¿Operó la simulación de la falla de motor fuera?	M						
¿La señal audible local funciona?	M						
¿Los rangos del equipo en automático son los adecuados? Presión de arranque Presión de paro Tiempo de retardo para el arranque Tiempo de retardo después de restablecer presión	M						
¿Arrancó el motor desde la posición de prueba del tablero?	M						
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿Arrancó el motor desde el tablero de control manualmente? Con el banco No 1	M						
Con el banco No 2							

Continuación de la tabla XV.

¿Funciona la supervisión local de equipo en funcionamiento?	M						
¿Funciona la señal remota de equipo en funcionamiento?	M						
¿Opera correctamente la supervisión de presión de aceite?	M						
¿Opera adecuadamente la supervisión de temperatura del motor?	M						
¿Operó correctamente la supervisión de velocidad del motor?	M						
¿Opera adecuadamente el botón de paro manual?	M						
¿Se reportaron las supervisiones de fallas locales al tablero de alarmas?	M						
¿El equipo quedó en condiciones normales y en automático después de las pruebas?	M						
¿El tablero de alarmas se restableció después de las pruebas?	M						
¿Quedó sin problemas, supervisiones y/o alarmas el tablero de alarma?	M						
¿Opera correctamente la supervisión de falla de arranque?	A						
¿Se verificó la exactitud del y funcionamiento del interruptor de presión?	A						
¿Se realizó verificación de la calibración de manómetro de línea piloto?	A				≥ 5 % máximo de descalibración		
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿Se realizó mantenimiento a los dispositivos y accesorios del panel de control?	A						
Motor de combustión interna							
¿Se realizó limpieza a motor de combustión interna?	M						
¿La temperatura del motor es la adecuada antes del arranque? (motor apagado)	M				40 a 50 °C		
¿La condición del sistema de escape es la adecuada?	M						
¿El anclaje del motor está en buenas condiciones?	M						
¿El sistema de venteo del cárter del motor está en buenas condiciones?	M						

Continuación de la tabla XV.

¿El nivel de aceite es el adecuado?	M				Según fabricante		
¿El nivel de refrigerante es el adecuado?	M				Según fabricante		
¿El filtro de aire se encuentra en buenas condiciones?	M						
¿El precalentador de motor funciona adecuadamente?	M						
¿La posición de las válvulas de las líneas de enfriamiento es la correcta?	M						
¿Se verificó el voltaje de los bancos de baterías? Banco núm. 1	M				24 VDC		
Banco núm. 2					24 VDC		
¿El nivel del líquido de las baterías es el adecuado? Banco núm. 1	M						
Banco núm. 2							
¿La densidad del líquido de baterías es el adecuado? Banco núm. 1	M				1.250		
Banco núm. 2					1.250		
¿La válvula solenoide opera correctamente?	M						
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿Se realizó arranque y paro de motor desde el panel auxiliar? Desde banco No 1	3M						
Desde banco No 2							
¿El manómetro de la línea de enfriamiento funciona adecuadamente?	M						
¿La presión de la línea de enfriamiento es la adecuada?	M				25 - 30 PSI		
¿El funcionamiento y el estado de las líneas de enfriamiento es el adecuado?	M						
¿La temperatura del motor es la adecuada?	M				175 - 190 °F		
¿La presión de aceite de motor es la adecuada?	M				50 – 75 PSI		
¿La temperatura del aceite de motor es la adecuada?	M				Según fabricante		
¿Se midió el voltaje de carga del alternador?	M						

Continuación de la tabla XV.

¿Se verificaron las revoluciones del motor?	M						
¿Se verificó la cáldida de los gases de escape?	M						
¿Se observaron vibraciones o ruidos anormales?	M						
¿Se registró las horas trabajadas del motor?	M						
¿Se realizó limpieza e inspección del estado y conexiones de bancos de baterías?	3M						
¿Se realizó limpieza al filtro de aire?	3M						
¿Se realizó limpieza a los filtros de las líneas de enfriamiento?	3M						
¿Se realizó limpieza al tubo de venteo del cárter de motor?	3M						
¿El funcionamiento y estado del alternador de motor es el adecuado?	6M						
¿Se realizó inspección del estado de las fajas de motor?	6M						
¿Se verificó el aislante, tubería y soportería de línea de escape de gases de motor?	6M						
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿Se realizó limpieza e inspección a motor de arranque de motor?	6M						
¿Se reemplazó el filtro de aire de motor?	A						
¿Se reemplazó el filtro de combustible?	A						
¿Se realizó cambio de aceite y filtro de aceite al motor?	A						
¿Se reemplazó el líquido refrigerante de motor?	A						
¿Se realizó afinación del motor?	A						
¿Se realizó prueba de contra presión al sistema de escape de motor?	A						
¿Se realizó limpieza interior al intercambiador de calor del sistema de enfriamiento del motor?	A						
¿Se realizó calibración a las válvulas reguladoras de presión de las líneas de enfriamiento?	A						
¿Se realizó verificación de la calibración de manómetro de línea de enfriamiento?					≥5 % máximo de des-calibración		

Continuación de la tabla XV.

Bomba de agua (equipos auxiliares)							
¿La válvula de succión está abierta?	M						
¿La válvula de descarga está abierta?	M						
¿La válvula de succión abre y cierra correctamente?	M						
¿La válvula de descarga abre y cierra correctamente?	M						
¿La válvula de succión está asegurada y/o supervisada?	M						
¿La válvula de descarga está asegurada y/o supervisada?	M						
¿El estado y la soporteria de la tubería de descarga y accesorios auxiliares es adecuado?	M						
¿El estado y soporteria de la tubería y accesorios auxiliares de succión es adecuado?	M						
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿El estado de la válvula de alivio es el adecuado?	M						
¿El estado de la válvula de recirculación es el adecuado?	M						
¿El estado de la válvula <i>check</i> es el adecuado?	M						
¿El estado de la válvula eliminadora de aire es el adecuado?	M						
¿El tipo y el estado de los medidores de presión es el adecuado?	M						
¿Se registró la presión de salida?	M				Según fabricante		
¿Se registró la presión de succión de la bomba?	M						
¿Funciona adecuadamente la válvula de recirculación?	M						
¿Funciona adecuadamente la válvula de alivio?	M						
¿Funciona adecuadamente la válvula eliminadora de aire?	M						
¿Funciona adecuadamente la válvula <i>check</i> ?	M						
¿Se verifico la exactitud de los indicadores de presión de las líneas?	A				≥ 5 % máximo de des-calibración		
Bomba de agua horizontal							
¿Se encuentra en buenas condiciones físicas la bomba?	M						
¿Se encuentra el drenaje de la bomba libre de obstrucciones?	M						

Continuación de la tabla XV.

¿Se realizó inspección de cojinetes y de grasa lubricante?	M				1/3 de grasera		
¿Se realizó inspección de cojinetes y de aceite lubricante?	M				Según fabricante		
¿El funcionamiento del prensaestopas es el adecuado?	M						
¿El cuerpo de la bomba se encuentra sin calentamiento excesivo?	M						
¿Los cojinetes funcionan en óptimas condiciones?	M						
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿Se observaron ruidos o vibraciones anormales durante el funcionamiento?	M						
¿Se realizó limpieza y cambio de grasa a cojinetes de bomba?	A						
¿Se realizó limpieza y cambio de aceite a cojinetes de bomba?	A						
¿Se realizó revisión de empaquetaduras de eje de bomba?	A						
¿Se revisó la alineación de la bomba?	A						
¿Se realizó prueba de demanda de la bomba en varios puntos?	A						
¿Se realizó prueba de eficiencia de la bomba con flujo al 150 %?	A						
¿Se realizó limpieza a partes internas de la bomba	3A						
Acoples de conexión flexible							
¿El sistema de acoplamiento cuenta con guardas de protección?	M						
¿Se verificó que no exista juego excesivo en el sistema?	M				Según fabricante		
¿Se verificó la existencia de ruidos y/o vibraciones anormales durante el funcionamiento?	M						
¿Se verificó la alineación de los ejes?	A						
¿Se midieron los des-alineamientos del eje?	A						
Paralela							
Angular							
¿Se lubricó el acople?	A				Según fabricante		
Tanque de combustible							
¿El nivel del tanque de combustible es mayor a ¾?	M						
¿Existen materiales peligrosos cerca del área del tanque?	M						

Continuación de la tabla XV.

¿Las señalizaciones de área son adecuadas?	M						
¿Cuenta con identificaciones de riesgo y seguridad el tanque de combustible?	M						
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿Se operó el interruptor de flotador?	M						
¿Se operó la válvula solenoide?	M						
¿Se realizó inspección de mangueras y/o conectores flexibles?	M						
¿Se realizó inspección a tuberías y líneas de combustible?	M						
¿El estado de válvulas de control y otros accesorios es el adecuado?	M						
¿El estado de los medidores de nivel es el adecuado?	M						
¿El estado de la línea de venteo es el adecuado?	M						
¿Se realizaron prueba a las válvulas de control del tanque?	3M						
¿Se limpiaron los dispositivos y mecanismos de filtración y remoción de sedimentos?	3M						
¿Se encuentra en buenas condiciones físicas y estructurales el tanque?	A						
¿Se realizó limpieza e inspección a los medidores de nivel?	3A						
Observaciones:							
ACEPTACIÓN POR PARTE DEL CLIENTE							
Nombre:					Fecha:		
Firma:							

Fuente: elaboración propia.

La tabla XVI muestra el *check list* desarrollado para la realización del mantenimiento a sistemas de bombeo verticales.

Tabla XVI. **Mantenimiento a bombas verticales**



PBX: 25 00 55 00
 34 calle 10-16 zona 11 las charcas, ciudad de Guatemala

MANTENIMIENTO PREVENTIVO A BOMBAS VERTICALES CONTRA INCENDIOS DE COMBUSTIÓN INTERNA							
Cliente:		Contrato:					
Atención:		Técnicos:					
Servicio:		Fecha:					
Servicios:							
F: frecuencia	M: mensual			A: anual			
S = sí	N = no			N/A = no aplica			
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
Panel de control eléctrico							
¿Se encontró el equipo en automático?	M						
¿Se encontró el tablero de control cerrado y asegurado?	M						
¿Se encontró el foco de automático encendido?	M						
¿Los focos pilotos de los cargadores de bancos de baterías funcionan?	M						
¿El tablero y sus componentes siguen aprobados?	M				FM/UL		
¿El interruptor de presión es aprobado?	M				FM/UL		
¿El <i>display</i> funciona adecuadamente?	M						
¿El programador del panel funciona adecuadamente?	M						
¿Se encuentran bien apretados los conductores eléctricos en bornes y terminales?	M						
¿Verificación de voltaje de alimentación del tablero?	M				110 VAC		
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿El cargador de baterías del panel de control funciona correctamente?	M						
Banco núm. 1					24 VDC		
Banco núm. 2					24 VDC		
¿Se realizó limpieza interna a panel eléctrico de control?	M						
¿Se encuentra en condiciones operacionales la línea piloto?	M						

Continuación de la tabla XVI.

¿Se encuentra operando adecuadamente el manómetro de línea piloto?	M						
¿Cumple de acuerdo a los estándares la línea piloto?	M				NFPA 20		
¿La acometida eléctrica del panel es independiente?	M						
¿La instalación eléctrica está libre de daño?	M						
¿Operó la simulación de falla de los bancos de baterías?	M						
¿Operó la simulación de falla de bajo nivel de combustible?	M						
¿Operó la simulación de falla de corriente alterna y cargador de baterías?	M						
¿Operó la simulación de falla de bajo nivel de agua?	M						
¿Opero la simulación de la falla de motor fuera?	M						
¿La señal audible local funciona?	M						
¿Los rangos del equipo en automático son los adecuados?	M						
Presión de arranque							
Presión de paro							
Tiempo de retardo para el arranque Tiempo de retardo después de restablecer presión							
¿Arrancó el motor desde la posición de prueba del tablero?	M						
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿Arrancó el motor desde el tablero de control manualmente?	M						
Con el banco No 1							
Con el banco No 2							
¿Funciona la supervisión local de equipo en funcionamiento?	M						
¿Funciona la señal remota de equipo en funcionamiento?	M						
¿Opera correctamente la supervisión de presión de aceite?	M						
¿Opera adecuadamente la supervisión de temperatura del motor?	M						
¿Operó correctamente la supervisión de velocidad del motor?	M						

Continuación de la tabla XVI.

¿Opera adecuadamente el botón de paro manual?	M						
¿Se reportaron las supervisiones de fallas locales al tablero de alarmas?	M						
¿El equipo quedo en condiciones normales y en automático después de las pruebas?	M						
¿El tablero de alarmas se restableció después de las pruebas?	M						
¿Quedó sin problemas, supervisiones y/o alarmas el tablero de alarma?	M						
¿Opera correctamente la supervisión de falla de arranque?	A						
¿Se verificó la exactitud del y funcionamiento del interruptor de presión?	A						
¿Se realizó verificación de la calibración de manómetro de línea piloto?	A				≥ 5 % máximo de des-calibración		
¿Se realizó mantenimiento a los dispositivos y accesorios del panel de control?	A						
Motor de combustión interna							
¿Se realizó limpieza a motor de combustión interna?	M						
¿La temperatura del motor es la adecuada antes del arranque? (motor apagado)	M				40 a 50 °C		
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿La condición del sistema de escape es la adecuada?	M						
¿El anclaje del motor está en buenas condiciones?	M						
¿El sistema de venteo del cárter del motor está en buenas condiciones?	M						
¿El nivel de aceite es el adecuado?	M				Según fabricante		
¿El nivel de refrigerante es el adecuado?	M				Según fabricante		
¿El filtro de aire se encuentra en buenas condiciones?	M						
¿El pre-calentador de motor funciona adecuadamente?	M						
¿La posición de las válvulas de las líneas de enfriamiento es la correcta?	M						
¿Se verifico el voltaje de los bancos de baterías?	M						
Banco núm. 1					24 VDC		
Banco núm. 2					24 VDC		

Continuacion de la tabla XVI.

¿El nivel del líquido de las baterías es el adecuado? Banco núm. 1	M						
Banco núm. 2							
¿La densidad del líquido de baterías es el adecuado? Banco núm. 1	M				1.250		
Banco núm. 2					1.250		
¿La válvula solenoide opera correctamente?	M						
¿Se realizó arranque y paro de motor desde el panel auxiliar? Desde banco núm. 1	M						
Desde banco núm. 2							
¿El manómetro de la línea de enfriamiento funciona adecuadamente?	M						
¿La presión de la línea de enfriamiento es la adecuada?	M				25 - 30 PSI		
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿El funcionamiento y el estado de las líneas de enfriamiento es el adecuado?	M						
¿La temperatura del motor es la adecuada?	M				175 - 190 °F		
¿La presión de aceite de motor es la adecuada?	M				50 – 75 PSI		
¿La temperatura del aceite de motor es la adecuada?	M				Según fabricante		
¿Se midió el voltaje de carga del alternador?	M						
¿Se verificaron las revoluciones del motor?	M						
¿Se verificó la calidad de los gases de escape?	M						
¿Se observaron vibraciones o ruidos anormales?	M						
¿Se registraron las horas trabajadas del motor?	M						
¿Se realizó limpieza e inspección del estado y conexiones de bancos de baterías?	3M						
¿Se realizó limpieza al filtro de aire?	3M						
¿Se realizó limpieza a los filtros de las líneas de enfriamiento?	3M						
¿Se realizó limpieza al tubo de venteo del cárter de motor?	3M						

Continuacion de la tabla XVI.

¿El funcionamiento y estado del alternador de motor es el adecuado?	6M						
¿Se realizó inspección del estado de las fajas de motor?	6M						
¿Se verificó el aislante, tubería y soportería de línea de escape de gases de motor?	6M						
¿Se realizó limpieza e inspección a motor de arranque de motor?	6M						
¿Se reemplazó el filtro de aire de motor?	A						
¿Se reemplazó el filtro de combustible?	A						
¿Se realizó cambio de aceite y filtro de aceite al motor?	A						
¿Se reemplazó el líquido refrigerante de motor?	A						
¿Se realizó afinación del motor?	A						
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿Se realizó prueba de contra presión al sistema de escape de motor?	A						
¿Se realizó limpieza interior al intercambiador de calor del sistema de enfriamiento del motor?	A						
¿Se realizó calibración a las válvulas reguladoras de presión de las líneas de enfriamiento?	A						
¿Se realizó verificación de la calibración de manómetro de la línea de enfriamiento?					≥ 5 % máximo de des-calibración		
Bomba de agua (equipos auxiliares)							
¿La válvula de succión está abierta?	M						
¿La válvula de descarga está abierta?	M						
¿La válvula de succión abre y cierra correctamente?	M						
¿La válvula de descarga abre y cierra correctamente?	M						
¿La válvula de succión está asegurada y/o supervisada?	M						
¿La válvula de descarga está asegurada y/o supervisada?	M						
¿El estado y la soportería de la tubería de descarga y accesorios auxiliares son adecuados?	M						
¿El estado y soportería de la tubería y accesorios auxiliares de succión es adecuado?	M						
¿El estado de la válvula d alivio es el adecuado?	M						
¿El estado de la válvula de recirculación es el adecuado?	M						

Continuacion de la tabla XVI.

¿El estado de la válvula <i>check</i> es el adecuado?	M						
¿El estado de la válvula eliminadora de aire es el adecuado?	M						
¿El tipo y el estado de los medidores de presión es el adecuado?	M						
¿Se registró la presión de salida?	M				Según fabricante		
¿Se registró la presión de succión de la bomba?	M						
¿Funciona adecuadamente la válvula de recirculación?	M						
¿Funciona adecuadamente la válvula de alivio?	M						
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿Funciona adecuadamente la válvula eliminadora de aire?	M						
¿Funciona adecuadamente la válvula <i>check</i> ?	M						
¿Se verificó la exactitud de los indicadores de presión de las líneas?	A				≥ 5 % máximo de des-calibración		
Bombas tipo turbina							
¿Se encuentra en buenas condiciones físicas de la bomba?	M						
¿Se encuentra el drenaje de la bomba libre de obstrucciones?	M						
¿Se realizó inspección de cojinetes y de grasa lubricante?	M				1/3 de grasera		
¿Se realizó inspección de cojinetes y de aceite lubricante?	M				Según fabricante		
¿El eje de la bomba se encuentra en buenas condiciones físicas?	M						
¿El funcionamiento del prensaestopas es el adecuado?	M						
¿El cuerpo de la bomba se encuentra sin calentamiento excesivo?	M						
¿Los cojinetes funcionan en óptimas condiciones?	M						
¿Se observaron ruidos o vibraciones anormales durante el funcionamiento?	M						
¿Se realizó limpieza y cambio de grasa a cojinetes de bomba?	A						
¿Se realizó limpieza y cambio de aceite a cojinetes de bomba?	A						
¿Se realizó revisión de empaquetaduras de eje de bomba?	A						
¿Se revisó la alineación de la bomba?	A						
¿Se realizó prueba de demanda de la bomba en varios puntos?	A						

Continuacion de la tabla XVI.

¿Se realizó prueba de eficiencia de la bomba con flujo al 150 %?	A						
¿Se realizó extracción de bomba, limpieza e inspección de los componentes de bomba?	5A						
Eje de conexión flexible							
¿El eje de conexión flexible cuenta con guardas de protección?	M						
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿Se realizó inspección visual del sistema?	M						
¿Se verificó la existencia de ruidos y/o vibraciones anormales durante el funcionamiento?	M						
¿Se verificó la existencia de ruidos y/o vibraciones anormales por medio de luz estroboscópica durante el funcionamiento?	6M						
¿Se midió el juego horizontal del eje?	A				< 1.5 mm		
¿Se midió el juego angular del eje?	A				< 0.5 mm		
¿Se midió el juego vertical del eje?	A				< 1 mm		
¿Se lubricaron las uniones del eje?	A				Según fabricante		
¿Los elementos mecánicos y piezas del eje están en buenas condiciones?	A						
Reductores de velocidad							
¿Se verificó que el nivel de aceite sea el adecuado?	M						
¿Se verificó el estado y limpieza del aceite?	M						
¿Se verificó que no existan fugas durante el funcionamiento?	M						
¿Se verificó la temperatura adecuada de funcionamiento del equipo?	M						
¿Se realizó inspección a muestreo de aceite?	A						
¿Se realizó cambio de aceite?	3A						
¿Se realizó ajuste a los sistemas de sujeción?	3A						
¿Se realizó cambio de rodamientos?	5A						
¿Se realizó cambio de retenedores de aceite a reductor de velocidad?	5A						
¿Se realizó cambio de empaques, anillos y/o chavetas?	5A						
¿Se reemplazó el medidor de aceite?	5A						
¿Se realizó inspección y limpieza a engranajes, piñones y equipos de transferencia de movimiento?	5A						

Continuación de la tabla XVI.

¿Inspección del estado de los ejes y sus conexiones?	5A						
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
Tanque de combustible							
¿El nivel del tanque de combustible es mayor a ¾?	M						
¿Existen materiales peligrosos cerca del área del tanque?	M						
¿Las señalizaciones de área son adecuadas?	M						
¿Cuenta con identificaciones de riesgo y seguridad el tanque de combustible?	M						
¿Se operó el interruptor de flotador?	M						
¿Se operó la válvula solenoide?	M						
¿Se realizó inspección de mangueras y/o conectores flexibles?	M						
¿Se realizó inspección a tuberías y líneas de combustible?	M						
¿El estado de válvulas de control y otros accesorios es el adecuado?	M						
¿El estado de los medidores de nivel es el adecuado?	M						
¿El estado de la línea de venteo e el adecuado?	M						
¿Se realizó prueba a las válvulas de control del tanque?	3M						
¿Se limpiaron los dispositivos y mecanismos de filtración y remoción de sedimentos?	3M						
¿Se encuentra en buenas condiciones físicas y estructurales del tanque?	A						
¿Se realizó limpieza e inspección a los medidores de nivel?	3A						
Observaciones:							
ACEPTACIÓN POR PARTE DEL CLIENTE							
Nombre:					Fecha:		
Firma:							

Fuente: elaboración propia.

La tabla XVII aparece el *check list* referente al mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua.

Tabla XVII. **Check list de abastecimiento de agua**



PBX: 25 00 55 00
34 calle 10-16 zona 11 las charcas, ciudad de Guatemala

REPORTE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA							
Cliente:		Contrato:					
Atención:		Técnico:					
Servicio:		Fecha:					
Sistema:							
F: frecuencia		M: mensual			A: anual		
S = sí		N = no			N/A = no aplica		
Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lectura	Comentarios
¿La condición del agua es aceptable?	M						
¿La temperatura del agua es adecuada?	M				Mayor a 4 °C		
¿El nivel de agua del tanque es el adecuado?	M				Full		
¿El área exterior del tanque está libre de materiales que presenten riesgo de fuego y corrosión al tanque?	M						
¿Las válvulas cuentan con señalizaciones	M						
¿La válvula de suministro se encuentra abierta?	M						
¿La válvula de altitud opera adecuadamente?	M						
¿La válvula de flotador opera adecuadamente?	M						
¿Las paredes de la cisterna están en buenas condiciones físicas?	M						
¿La línea de venteo está en buenas condiciones físicas y operacionales?	M						
¿Cuenta con indicadores de área Restringida	M						
¿Las escaleras, pasarelas, entradas y accesos hombres están en buenas condiciones?	M						

Continuación de la tabla XVI.

Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lectura	Comentarios
¿La estructura exterior del tanque está en buenas condiciones?	M						
¿Las estructuras de soporte del tanque están en buen estado?	M						
¿La línea de retorno de agua se encuentra en buenas condiciones físicas y operacionales?	M						
¿Los indicadores de nivel funcionan adecuadamente?	3M						
¿Están en buenas condiciones las superficies pintadas o revestidas?	6M						
¿Se probó la alarma de alto y bajo nivel?	6M						
¿Se realizó limpieza a filtro de agua de foso húmedo?	6M						
¿Se verificó el estado de juntas de expansión?	A						
¿Se realizó drenaje y eliminación de sedimentos al tanque de abastecimiento de agua?	A						
¿Se realizó mantenimiento a válvulas de control de abastecimiento de agua?	A						
¿Se aplicó pintura a superficies y partes expuestas del tanque?	2A						
¿Se realizó inspección a las paredes internas del tanque de abastecimiento? (sin protección)	3A						
¿Se realizó inspección a las paredes internas del tanque de abastecimiento? (con protección)	5A						
¿Se verificó calibración a medidores de nivel?	5A						
¿Se verificó calibración a medidores de presión?	5A						
Observaciones:							
ACEPTACIÓN POR PARTE DEL CLIENTE							
Nombre:					Fecha:		
Firma:							

Fuente: elaboración propia.

Existen otros *check list* usados actualmente en Fuego y Seguridad S.A. que conciernen al sistema de bombeo, los cuales, se ha determinado, que contienen los puntos adecuados y pueden seguir siendo utilizados:

- Mantenimiento a cuarto de bombas
- Prueba de flujo de bombas

2.9.4. Conceptos de producción más limpia

Se busca introducir conceptos de producción más limpia en el proceso de realización del mantenimiento por parte de los técnicos de mantenimiento y personal general de la empresa. Estos principios van enfocados a reducir riesgos a los seres humanos y al medio ambiente. Por lo tanto, la introducción de estos conceptos pretende alcanzar y establecerse en toda la institución.

Después de identificar las acciones, es de vital importancia realizar charlas y pláticas informativas al personal de la empresa para que se familiaricen con dichas acciones y se puedan adaptar más rápidamente a dichos cambios y, principalmente, adopten los principios de producción más limpia como hábito.

2.9.4.1. Clasificación de desechos

La principal finalidad en este aspecto es la de introducir un mejor y más eficiente manejo de desechos o residuos generados por los diferentes mantenimientos, así como los generados en la cotidianidad de funciones de la institución en sus diferentes departamentos.

Como primera acción, debe realizarse una clasificación y separación de los diferentes desechos generados para mejorar su manejo y su almacenaje. Los diferentes desechos generados por la institución son los siguientes:

- Papel y cartón
- Materiales plásticos, bolsas, empaques, envases, etc.
- Latas metálicas
- Wipe y materiales de limpieza
- Basura común, polvo, restos de alimentos y materiales orgánicos
- Latas de productos aerosoles
- Restos metálicos, sobrantes de metalizado, tubería y perfiles
- Restos de cableado eléctrico y electrónico
- Tarjetas electrónicas y piezas
- Partes reemplazadas, empaques, filtros, estopas, etc.

Existen otros residuos o materiales que deberán ser clasificados y almacenados en áreas específicas, esto debido a que son materiales utilizados que pueden presentar algún riesgo a la salud y/o posean propiedades inflamables. Estos materiales son los siguientes:

- Lubricantes: aceites, grasas, líquidos varios
- Desechos químicos: latas de pintura, chapopote, teflón líquido y solvente
- Baterías eléctricas

Además, es necesario identificar los desechos que las diferentes áreas de la institución generan. La tabla XVIII ayudará a dicha identificación:

Tabla XVIII. **Desechos generados por departamento**

Nombre del área	Recipientes necesarios	Volumen de desechos aproximado producidos por semana
Oficinas administrativas	<ul style="list-style-type: none"> • Papel y cartón. • Plásticos, empaques y bolsas. • Basura común. • Papel y similares en contacto con productos de limpieza y otros. 	86 litros
Comedor	<ul style="list-style-type: none"> • Basura común. • Plásticos, bolsas, envases plásticos y empaques de comida. • Papel y similares en contacto con productos de limpieza y otros. 	60 litros
Bodega	<ul style="list-style-type: none"> • Basura común. • Papel y cartón. • Plásticos de empaques. 	50 litros
Talleres	<ul style="list-style-type: none"> • Latas de aerosoles. • Plásticos, empaques y bolsas. • Basura común. • Papel, wipe y similares en contacto con productos de limpieza, solventes, pintura y otros. • Latas de pintura y similares. • Restos de metalizado. • Restos de cableado. • Materiales industriales reemplazados. • Restos de electrónicos. • Baterías eléctricas reemplazadas. • Lubricantes usados. 	180 litros

Fuente: elaboración propia.

Nota: la cantidad de desechos producidos por área, incluyen toda clase de desechos sin su separación y es un aproximado de la producción de basura en una semana por la institución. Además, esta producción de desechos es muy variable debido a la cantidad y tamaño de los proyectos existentes.

Debido a limitaciones existentes actualmente en el mercado de desechos y residuos a nivel nacional, algunos de los desechos antes mencionados y

generados no se pueden reutilizar y aprovechar de manera adecuada por los altos costos para realizarlo o porque no existe quien pueda aprovechar dichos desechos, por lo que lo más recomendable será enviarlos al recolector municipal.

2.9.4.2. Almacenaje

Se debe contar con un adecuado almacenaje de desechos que ayude a su posterior manejo; por lo tanto, todo desecho generado debe ser separado antes de su almacenaje, lo que lleva a asignar un código de colores y recipientes específicos para las diferentes clases de desechos. En Guatemala, actualmente, no existe ninguna regulación con respecto a la clasificación o asignación de colores para el manejo de desechos, por lo que básicamente se puede establecer cualquier color para cualquier desecho, por lo que se estableció la siguiente clasificación de colores para aplicar en la institución.

- Recipiente azul: para desechos de cartón y papel
- Recipiente amarillo: para todos los desechos plásticos
- Recipiente café: desechos metálicos y para latas metálicas
- Recipiente gris: para desechos de productos aerosoles
- Recipiente verde: para restos de cableado o cableado viejo y dañado
- Recipiente naranja: para desechos electrónicos

- Recipiente negro: para basura común (polvo, restos de alimentos, frutas, restos orgánicos), wiper usado, papel y/o materiales utilizados para limpieza o que entrarán en contacto con materiales químicos además de desechos de piezas y materiales de recambio (filtros usados, empaques, estopas usadas, etc.).

En lo concerniente a los desechos que representen riesgo a la salud o de inflamabilidad se deben tener algunas consideraciones, como la necesidad de que se almacenen en lugares ventilados y abiertos por lo que se recomienda clasificar de la siguiente manera:

- Área de almacenaje para desechos de pintura y solventes en estantería: latas u otros recipientes que hallan contenido pintura y solventes.
- Área de almacenaje de baterías en estantería: baterías usadas y envases de químicos de las mismas.
- Toneles para almacenaje de lubricantes usados.

Cada uno de los desechos producidos en las diferentes áreas de la empresa deben ser almacenados y acumulados en una central de desechos que debe ser adecuada con recipientes de almacenaje de mayor capacidad. Para su posterior retiro de la institución, esta central de desechos debe poseer el mismo código de colores e identificación en sus recipientes para evitar confusiones.

También, concerniente al almacenaje, existen dos posibilidades con respecto al origen de los desechos: generados en la institución y generados por trabajos realizados en las instalaciones de los clientes. Los desechos

generados por los técnicos de proyectos como los de servicios que realizan trabajos fuera de las instalaciones de Fuego y Seguridad S.A., deberán depositar sus desechos en las instituciones donde se realizan los trabajos, si dicha institución cuenta con un adecuado manejo de sus desechos; de lo contrario, dichos desechos deberán ser devueltos a Fuego y Seguridad S.A., clasificados y almacenados en la central de desechos según el código de color mencionado anteriormente.

2.9.4.3. Ubicación de recipientes

Debido a los diferentes departamentos y las diferencias de actividades y materiales de desecho que producen, las diferentes áreas de Fuego y Seguridad S.A. tendrán diferencias en sus estaciones de desechos. La identificación de recipientes y la cantidad que deben ser ubicados en las diferentes áreas está determinada a través de los desechos que genera cada departamento; por lo tanto, en la siguiente tabla se identifican los recipientes que deben ser ubicados en las diferentes áreas así como la capacidad de dichos recipientes.

Tabla XIX. Ubicación de recipientes

Nombre del área	Recipientes necesarios y capacidad
Oficinas ventas	<ul style="list-style-type: none"> • Recipiente azul de 20 litros • Recipiente amarillo de 20 litros • Recipiente negro de 20 litros
Oficinas contabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Recipiente azul de 20 litros • Recipiente amarillo de 20 litros • Recipiente negro de 20 litros
Oficinas ingeniería	<ul style="list-style-type: none"> • Recipiente azul de 20 litros • Recipiente amarillo de 20 litros • Recipiente negro de 20 litros

Continuación de la tabla XIX.

Oficinas gerencias	<ul style="list-style-type: none"> • Recipiente azul de 20 litros • Recipiente amarillo de 20 litros • Recipiente negro de 20 litros
Comedor	<ul style="list-style-type: none"> • Recipiente amarillo de 20 litros • Recipiente negro de 20 litros
Bodega	<ul style="list-style-type: none"> • Recipiente azul de 20 litros • Recipiente amarillo de 20 litros • Recipiente negro de 20 litros
Taller proyectos	<ul style="list-style-type: none"> • Recipiente gris de 30 litros • Recipiente amarillo de 30 litros • Recipiente negro de 30 litros • Recipiente café de 30 litros
Central de desechos Nota: por la cercanía y espacio, el taller del departamento de servicios depositará en la central de desechos	<ul style="list-style-type: none"> • Recipiente azul de 50 galones • Recipiente gris de 50 galones • Recipiente amarillo de 50 galones • Recipiente negro de 50 galones • Recipiente naranja de 50 galones • Recipiente café de 50 galones • Recipiente verde de 50 galones

NOTA: se buscó un tamaño estándar para oficinas para facilitar la identificación y asimilación por parte del personal.

Fuente: elaboración propia.

En lo concerniente al almacenamiento de desechos especiales, latas de pintura o solventes y baterías deberán ser depositados y almacenados en un área de estanterías que se ubicarán cerca de la central de desechos.

Adicional se deberá adquirir un tonel para depositar todos los residuos y desechos de todos los lubricantes utilizados, el cual deberá estar ubicado lo más cercano posible a la estación de desechos.

2.9.4.4. Manejo de desechos

Actualmente, el personal de limpieza recoge diariamente los desechos en las diferentes áreas de trabajo de la institución, las cuales son acumuladas hasta ser evacuados por el colector municipal autorizado. El colector de basura hace su arribo los días lunes, miércoles y viernes.

Con la instauración de los conceptos de manejo de desechos, si bien este proceso se mantendrá, la evacuación de desechos al colector se reducirá ya que los desechos aprovechables estarán almacenados en diferentes recipientes.

Después de separados y almacenados los diferentes desechos, es importante establecer acciones que garanticen el mayor rendimiento de los desechos producidos. Básicamente, lo que significa esto es la posibilidad de que los desechos se reutilicen, se reprocesen, se obtenga energía y cualquier otro aprovechamiento que se pueda obtener de estos, por lo que se recomiendan las acciones que se describen en la tabla XV para cada desecho.

Tabla XX. Manejo de desechos

Recipiente de desechos	Acción a tomar	Instituciones recomendadas
Recipiente azul	Debido a que la venta de papel para reciclar solo se realiza con cantidades mayores a 1 tonelada, la mejor opción es donar dichos desechos.	Recicla S.A. Representaciones S&D Reciclados de C.A. Diso S.A.
Recipiente amarillo	Los desechos plásticos al igual que el papel para ser vendido se necesitan cantidades mayores a una tonelada por lo que la mejor opción es donar dicho desecho.	Ecoplast S.A. Recicla S.A. Reciclados de C.A. Inkru

Continuación de la tabla XX.

Recipiente negro	Para los desechos generados en este rubro se tiene como complicación el costo de su manejo posterior a su acumulación, implica costos elevados a la institución y el otro inconveniente es que no existen instituciones que sean capaces de manejarlos, por lo que se recomienda su entrega al colector municipal.	Entrega al recolector municipal
Recipiente café	Los residuos metálicos sin importar mucho su cantidad, se pueden vender a partir de 1LB. Pueden ser vendidos y significarían un ingreso para la institución.	Recicladora de Metales Trébol Puerto fierro Diso S.A.
Recipiente gris	Los residuos de productos aerosoles tienen la peculiaridad de contar con materiales plásticos y metálicos, por lo que su separación puede realizarse o bien ser entregados completamente. De llevarse a cabo la separación deben agregarse a sus respectivos recipientes, estos desechos también pueden generar ingresos a la institución.	Reciclados de C.A. Diso S.A.
Recipiente verde	Los diferentes restos de cableado, están conformados por una parte sin ningún valor que es el forro y el componente metálico que tiene valor que pueden traducirse en ingresos; la institución deberá definir si desea realizar o no dicha separación. De llevarse a cabo dicha separación, la parte metálica debe incluirse dentro de los desechos metálicos, de lo contrario debe mantenerse la separación.	Recicladora de Metales trébol Puerto fierro Selmet Guatemala
Recipiente naranja	Estos desechos en la actualidad no son tan comerciales; sin embargo existen instituciones que compran estos residuos por lo que la empresa puede elegir entre donarlos o venderlos.	Selmet Guatemala Recelca e-waste
Estantería de desechos especiales: recipientes de pintura y solventes	Estos desechos hay dos tipos: latas o envases metálicos y latas o envases plásticos. En lo referente a lo metálico, al momento del despacho o venta de los otros residuos metálicos puede agregarse a este rubro al igual con los residuos plásticos. La otra opción es la donación de los mismos ya que no poseen un valor significativo.	Reciclados de C.A. Diso S.A.

Continuación de la tabla XX.

Esteras de desechos especiales de baterías eléctricas	Las baterías usadas pueden significar ingresos para la institución, no importando mucho su tamaño.	Acumuladores Iberia Selmet Guatemala
Tonel para lubricantes	Si bien los toneles pueden significar un ingreso para la empresa, se requieren grandes cantidades para ser vendidas por lo que se recomienda la donación de estos desechos.	Biogen Thermopac Biopersa

Fuente: elaboración propia.

Si bien los desechos denominados comunes de almacenaje en recipiente negro, serán evacuados de forma constante por el colector municipal, el resto de residuos serán almacenados en la central hasta obtener una cantidad adecuada para su venta o donación a las diferentes instituciones las cuales serán elegidas por parte de Fuego y Seguridad S.A.

2.9.4.5. Costos

Según el análisis de las diferentes áreas encontradas en la empresa, se recomienda la adquisición de algunos productos y otras acciones complementarias; esto se encuentra en la tabla XXI que se muestra a continuación.

Tabla XXI. **Tabla de costos**

Descripción	cantidad	Costo en quetzales	
		Unidad	Total
Adquisición de recipientes para oficinas de ventas	3	50,00	200,00
Adquisición de recipientes para oficinas de contabilidad	3	50,00	200,00
Adquisición de recipientes para oficinas de ingeniería	3	50,00	200,00
Adquisición de recipientes para oficinas de gerencia	3	50,00	200,00
Adquisición de recipientes para área de comedor y cafetería	2	50,00	150,00
Adquisición de recipientes para área de bodega	3	50,00	150,00
Adquisición de recipientes para taller de proyectos	4	80,00	320,00
Adquisición de recipientes para central de desechos	7	500,00	3,500,00
Pintura para los códigos de colores presentación de 1 gal (colores azul, amarillo y verde)	4	250,00	1,000,00
Pintura para los códigos de colores presentación de 1/2 gal (colores gris y café)	2	100,00	200,00
Pintura para los códigos de colores presentación de 1/4 gal (colores naranja y verde)	2	60,00	120,00
Estantería solventes (tres niveles)	1	300,00	300,00
Estanterías baterías (tres niveles)	1	300,00	300,00
Tonel para almacenaje de lubricantes	1	350,00	350,00
Calcomanías de indicación (para cada recipiente)	28	30,00	840,00
Rotulación de estanterías	2	50,00	100,00
Total en quetzales			8 130,00

Fuente: elaboración propia.

3. FASE DE DOCENCIA

En esta fase del proyecto se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo del ejercicio profesional supervisado a representantes del departamento de ingeniería, departamento de servicios y la gerencia operativa de Fuego y Seguridad S.A., con el fin de que determinen la factibilidad de la aplicación de la mencionada guía de mantenimiento preventivo a las operaciones de la institución.

Adicional a los resultados, se explicaron los conceptos de producción más limpia que se desean introducir en todas las operaciones de Fuego y Seguridad S.A.

3.1. Capacitación sobre mantenimiento preventivo a sistemas de bombeo contra incendios impulsados por motores de combustión interna

En este inciso se dieron a conocer los objetivos de realizar el proyecto, además de las ventajas que representaría tanto para la institución como para la vida útil de los diferentes equipos a cargo de la empresa. Además de la presentación de los *check list* propuestos para la realización de los mantenimientos y las referencias bibliográficas utilizadas para la elaboración de las rutinas de mantenimiento.

Como último punto, se presentó una propuesta de la programación para llevar a cabo la capacitación del personal técnico de servicios para la adopción del nuevo programa de mantenimiento preventivo.

Para llevar esto a cabo y tomando en cuenta las diferentes actividades de la institución, se decidió dar a conocer la información a lo largo de varios días; se presentaron dos temas o componente por día como máximo; fueron necesarios aproximadamente 30 minutos diarios por 5 días, para la presentación total de los componentes y sus rutinas de mantenimiento.

3.1.1. Mantenimiento a motores de combustión interna

En lo referente al mantenimiento preventivo a los motores de combustión interna para sistemas de bombeo contra incendios, se observa un aumento significativo de las rutinas de mantenimiento como de los puntos de verificación y monitoreo durante las pruebas de funcionamiento que se realizan en los equipos. De tener 18 puntos de inspección en el actual *check list* disponible en el anexo No 10, pasaría a poseer 40 ítems de inspección en el nuevo documento.

Además del beneficio de contar con la agrupación de los puntos referentes al motor, contrario a los documentos utilizados actualmente y la inclusión de varios puntos los cuales anteriormente no contaban con ningún tipo de verificación, lo que reducirá el riesgo de daños en el equipo.

3.1.1.1. Mantenimiento a conexiones de ejes en bombas contra incendios

Este apartado en las diferentes configuraciones de bombeo, tiene pocas referencias en los *check list* actualmente utilizados; por lo que es un equipo en el cual se mejora el control y mantenimiento preventivo con la guía propuesta ya que contará con un apartado propio y con aumento de rutinas de mantenimiento. Actualmente, se toma como un tema general que consta de 3

puntos de inspección que se observa en el anexo núm 11, en el *check-list* propuesto encontraremos dependiendo de la configuración, se podrá encontrar ejes de conexión flexible para bombas verticales que contara con 09 puntos de inspección y acoples de conexión para bombas horizontales que contara con 06 puntos de inspección.

3.1.2. Mantenimiento a bombas hidráulicas para sistemas contra incendios

En los referente al mantenimiento a las bombas hidráulicas se encuentra uno de los cambios más significativos de los mantenimientos, representado principalmente por la separación de los dos diferentes tipos de bombas (situación contraria al actual modelo utilizado para el mantenimiento preventivo) utilizados según normativas NFPA 25: las bombas de carcasa bipartida, la cual poseería 15 puntos de inspección por las 07 actualmente utilizadas, y bombas tipo turbina la cual constará de 16 puntos de inspección contrario a las 07 utilizadas. Además, todos los puntos concernientes a las bombas hidráulicas estarán agrupadas en un renglón identificado de los nuevos *check-list*.

En este apartado, también, se realizó la separación de los equipos auxiliares hidráulicos y también poseerán su agrupación propia en el documento que se propone; este punto consta de 20 puntos de inspección contrario a los 13 que actualmente posee el documento (disponible en el anexo 13).

3.1.2.1. Mantenimiento a reductores de velocidad para bombas contra incendios

Si bien los reductores de velocidad forman parte únicamente de los sistemas de bombeo del tipo turbina vertical no dejan de ser elementos

importantes para los sistemas de bombeo. En lo referente a este equipo en los *check-list* actualmente utilizados cuentan con únicamente 04 ítems de inspección para el mantenimiento preventivo disponible en el anexo 12. Por lo cual se aprecia que en el documento propuesto pasaría a tener 13 puntos de inspección para el mantenimiento preventivo, además que formará parte del sistema vertical de bombeo y tendrá su propio apartado en dicho *check list*.

3.1.3. Mantenimiento a panel eléctrico de control para bombas contra incendios

En el panel de control eléctrico de los sistemas de bombeo, actualmente, existen 28 puntos de inspección disponible en el anexo 14. En los documentos propuestos, sin embargo, hay un total de 40 puntos de observación para la realización del mantenimiento preventivo e inspecciones.

3.1.4. Mantenimiento a tanques de combustible de sistemas de bombeo contra incendios

Los tanques de combustible también cuentan con un aumento significativo en las inspecciones a realizar ya que actualmente cuentan con 6 ítems de inspección disponible en el anexo 15 lo que contrasta con los 15 que se proponen; además, en el mismo se incluyeron dispositivos que antes no se incluían dentro de las rutinas de mantenimiento ni en inspecciones generales. Además de la debida agrupación de los ítems referentes al mantenimiento.

3.1.5. Mantenimiento a tanques de abastecimiento de agua para sistemas contra incendios

En lo referente a los tanques de abastecimiento de agua en cualquiera de sus configuraciones cuenta con un *check list* propio, por lo que se siguió esa línea y se elaboró un nuevo *check list* para este; al igual que con el resto de componentes, acá también se observa un aumento en las inspecciones ya que el actualmente utilizado consta de 19 puntos de inspección y rutinas de mantenimiento preventivo disponible en el anexo 16 y en el modelo propuesto pasaría a poseer 28 ítems de inspección. Este documento es igualmente utilizable para los dos tipos de tanques de abastecimiento de agua que pueden ser encontrados en la industria.

3.1.6. Prueba semanal a bomba de combustión

Para lo concerniente a la prueba semanal que debe realizarse en los equipos de bombeo contra incendio, encontramos la división de los diferentes puntos a revisar dentro del *check list* propuesto además de un aumento en las inspecciones el cual constaría de 34 puntos, contrario a los 14 del actual formato utilizado y disponible en anexo 17.

3.1.7. Programación de capacitaciones para el personal

Se propuso a la gerencia operativa que de ser aprobados los cambios realizados y la previa autorización del departamento de ingeniería y el departamento de servicios, la forma más eficiente de hacer del conocimiento de los técnicos de mantenimientos del departamento de servicios, es a través de una muestra comparativa de los *check lists* actualmente utilizados y los

propuestos, la cual será en forma digital preferiblemente o la otra variación una en digital y la otra en forma física.

Debido a razones laborales, la probabilidad de contar con la mayor cantidad de grupos de trabajo del departamento de servicios son los días viernes por la tarde; por lo que se propone en horario de 3 pm a 4 pm un horario adecuado para realizar las capacitaciones y sobre todo solventar dudas que pueda tener el personal técnico de servicios; estas capacitaciones se realizarán con el personal disponible en las fechas que se consideren más convenientes en conjunto con la jefatura del departamento de servicios ya que por las distintas labores pueden existir atrasos o complicaciones para algunos grupos de trabajo.

Para llevar a cabo dichas capacitaciones se recomienda el uso de la sala de juntas del primer nivel del edificio de oficinas, debido a que cuenta con todo el equipo necesario para llevar a cabo este tipo de presentaciones; por lo que se deberá coordinar fechas con el departamento de recursos humanos para la utilización del espacio.

Por último, se propone un listado de asistencia para las diferentes capacitaciones que se realicen como se aprecia en la tabla XXII, para luego verificar que todo el personal que sea necesario haya recibido dichas capacitaciones.

Tabla XXII. **Lista de asistencia para capacitaciones**

LISTA DE ASISTENCIA			
Numero	Nombres	Apellidos	Firma
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			
13.			
14.			
15.			
16.			
17.			
18.			
19.			
20.			
21.			
22.			
23.			
24.			
25.			
26.			
27.			
28.			
29.			
30.			

Fuente: elaboración propia.

3.2. Aplicación de conceptos de producción más limpia en labores de mantenimiento

En lo referente a los conceptos de producción más limpia, si bien el proyecto como tal no ha sido puesto en marcha, se realizó una plática con personal de los departamentos de servicios y de proyectos; en dichas platicas se buscó que el personal comprendiera la necesidad y los beneficios de contar

con áreas de trabajo más limpias y la importancia de cuidar el ambiente laboral para la reducción de riesgos laborales y al medio ambiente.

Cabe destacar que durante estas pláticas se realizó la introducción de conceptos de separación y clasificación de desechos y residuos; así como algunas consideraciones a tener en cuenta con el almacenaje de residuos y desechos especiales, químicos, lubricantes y baterías. Y de manera general ideas de ahorro energéticas tanto para el ámbito laboral como en su hogar.

Dichas pláticas fueron brindadas para la totalidad del departamento de servicios conformado por los diez técnicos, tres supervisores y el jefe de departamento y para aproximadamente el 20 % de la totalidad del departamento de proyectos conformado por el jefe de departamento, un supervisor y cinco técnicos y fueron realizadas en la cafetería de la empresa, la cual se adecuó, como se puede observar en la figura 20.

Figura 20. **Imagen capacitaciones, 1**



Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Imagen capacitaciones, 2**



Fuente: elaboración propia.

Si la gerencia de Fuego y Seguridad S.A. desea la instauración futura del proyecto de producción más limpia en las diferentes operaciones de la empresa, se deben concertar las diferentes capacitaciones para el resto de personal que labora en la empresa. Por lo que se recomiendan dos formas de realizar dicha capacitación:

- Realizar una plática general para todo el personal: esto requeriría la paralización de la empresa por alrededor de una hora; el lugar más adecuado para realizar esto por la cantidad de personas sería la cafetería donde se podrían adecuar con el equipo necesario para realizar la presentación y se recomienda su realización después de la hora de almuerzo ya que la mayoría del personal no estará realizando actividades relacionadas al trabajo.

- Pláticas informativas divididas por áreas: para realizar las pláticas por áreas de trabajo; se deberá planificar previamente con cada departamento el día y horario más adecuado para realizar dichas pláticas, las cuales podrán realizarse en la sala de juntas del primer nivel del edificio de oficinas.

CONCLUSIONES

1. Con la presente guía de mantenimiento y los nuevos *check list* propuestos se tendrán rutinas de mantenimiento específicas para cada componente y para las diferentes configuraciones de los sistemas de bombeo impulsados por motores de combustión interna, además que se incluyen más inspecciones que ayudan a tener un mejor mantenimiento preventivo.
2. Gracias al incremento de puntos de inspección y a la división de los equipos de manera individual dentro de los *check list* propuestos, se evitarán de manera más eficiente los mantenimientos correctivos.
3. Al establecer rutinas a los diferentes componentes de los sistemas de bombeo que antes no contaban con un adecuado control y mantenimiento, se logrará prolongar y mantener un mayor tiempo las condiciones operacionales y de funcionamiento de los diferentes equipos.
4. Los cambios que se sugieren introducir en los documentos de inspección, permitirán al personal técnico un mejor y más eficiente trabajo ya que contarán con documentos específicos para las diferentes configuraciones y componentes de los sistemas de bombeo.
5. Al estar la presente guía bajo reglamentos NFPA y conjuntar dicha información con diferentes manuales de fabricantes, en la guía se obtuvieron rutinas de mantenimiento apegadas a las diferentes normas

reguladoras de Fuego y Seguridad S.A., adecuadas para el mantenimiento de los equipos.

RECOMENDACIONES

A la dirección de Fuego y Seguridad S.A.:

1. Considerando los beneficios potenciales de los *check list* propuestos en la presente guía, debe llevarse a cabo su pronta instauración en las operaciones de mantenimiento preventivo para sistemas de bombeo impulsados por motores de combustión interna.
2. Debido al incremento de los puntos de inspección y la separación de los componentes del sistema de bombeo en los *check list* de mantenimiento preventivo propuestos, el personal técnico del departamento de servicios debe recibir una adecuada capacitación respecto a los cambios que encontrarán en dichos documentos, así como de los diferentes componentes del sistema a los que deberán atender durante el mantenimiento.
3. Tomando en cuenta que la separación de los diferentes componentes del sistema de bombeo impulsado por motores de combustión es algo nuevo para el personal técnico, al igual que el aumento de los ítems de inspección, la necesidad de un adecuado monitoreo y supervisión de los mantenimientos será fundamental para ayudar a retroalimentar al personal y a la institución.
4. Realizar la instrucción adecuada para que el personal pueda asimilar y practicar adecuadamente los conceptos de producción más limpia que se desean introducir en la institución. Además, realizar documentos

informativos para la adecuada comprensión el manejo adecuado de desechos.

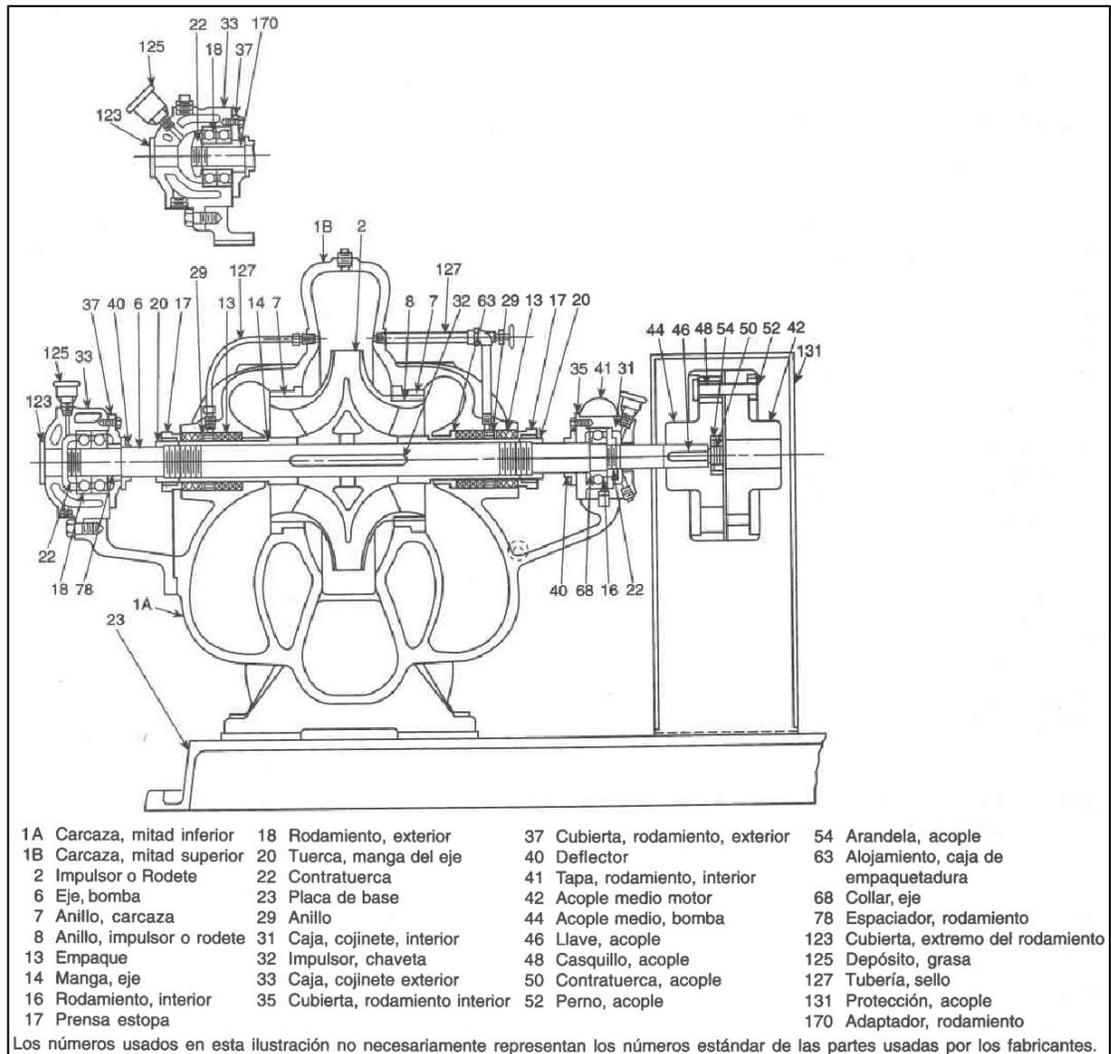
BIBLIOGRAFÍA

1. CAT Industrial. *Fire pumps*. [En línea]. <http://www.cat.com/es_MX/products/new/power-systems/industrial.html>. [Consulta: 4 de noviembre de 2016].
2. Clarke Fire. *Produce*. [En línea]. <<http://www.clarkefire.com/home.aspx>>. [Consulta: 11 de octubre de 2016].
3. Instruction and Repair Manual. *Vertical turbine*. Kansas: Aurora pentair water, 2006. 46 p.
4. Manual de usuario, Battery Charger. *Metron, Diesel fire pumps controller Series FD4*. UU.EE.: Hebbell, 2015. 9 p.
5. NFPA. *Codes and standars*. [En línea]. <<http://www.nfpa.org/codes-and-standards>>. [Consulta: 7 de septiembre de 2016].
6. NYF de Colombia. *Tanques de combustible*. [En línea]. <<http://www.nyfdecolombia.com/tanques/tanques-contra-incendios>>. [Consulta: 18 de noviembre de 2016].
7. Patterson. *Fire products*. [En línea]. <http://www.pattersonpumps.com/es/fire_operation_maintenance.html>. [Consulta: 4 de noviembre de 2016].

8. Pentair. *Fire protection*. [En línea]. <http://www.aurorapump.com/EngineeredApplications_FireProtection.aspx>. [Consulta: 11 de octubre de 2016].
9. Randolph Gear Drive. *Products*. [En línea]. <<http://www.randolphgear.com/products.html>>. [Consulta: 12 de noviembre de 2016].
10. Sumitomo. *Manual de mantenimiento*. [En línea]. <<https://www.sumitomodrive.com/uploads/product/files/file-316.pdf>>. [Consulta: 8 de diciembre de 2016].

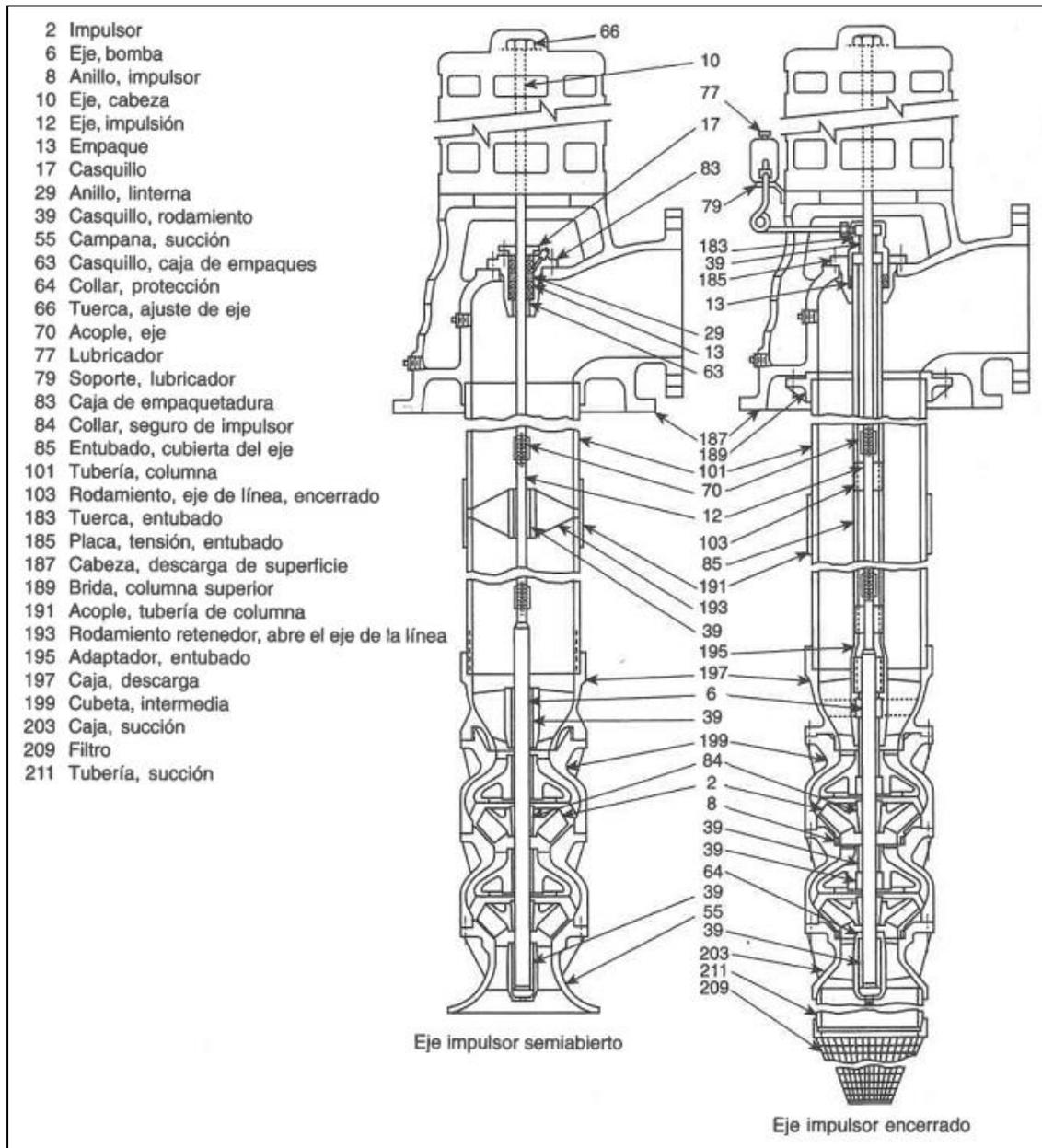
ANEXOS

Anexo 1. Partes de una bomba de carcasa bipartida



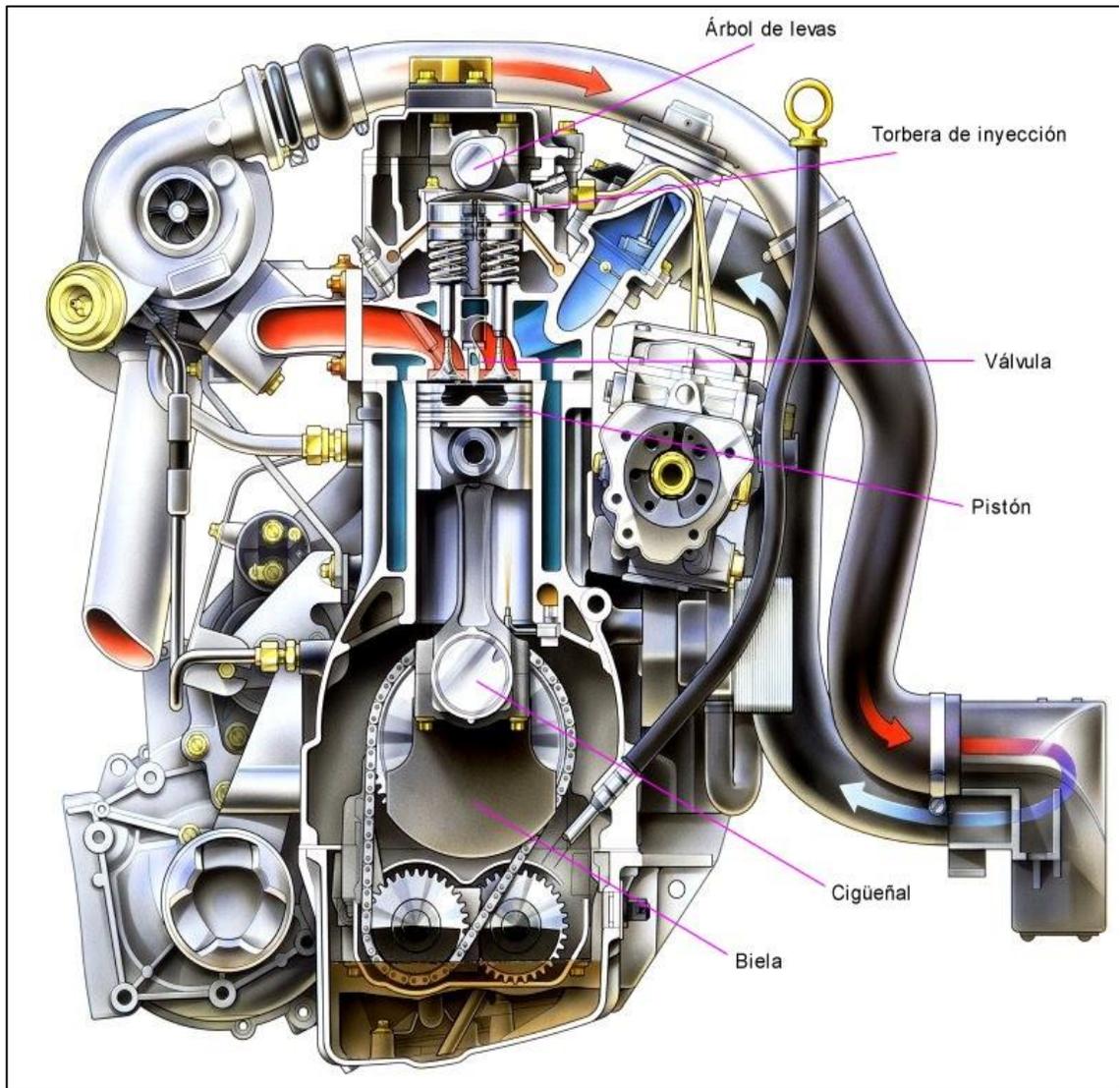
Fuente: *Norma NFPA 25 edición 2002*. <https://es.slideshare.net/MOSHERG/nfpa-25-inspeccion-prueba-y-mantenimiento-de-sistemas-de-proteccion-contraincendios-a-base-de-agua-2002>. Consulta: 18 de febrero de 2017.

Anexo 2. Partes de una bomba tipo turbina



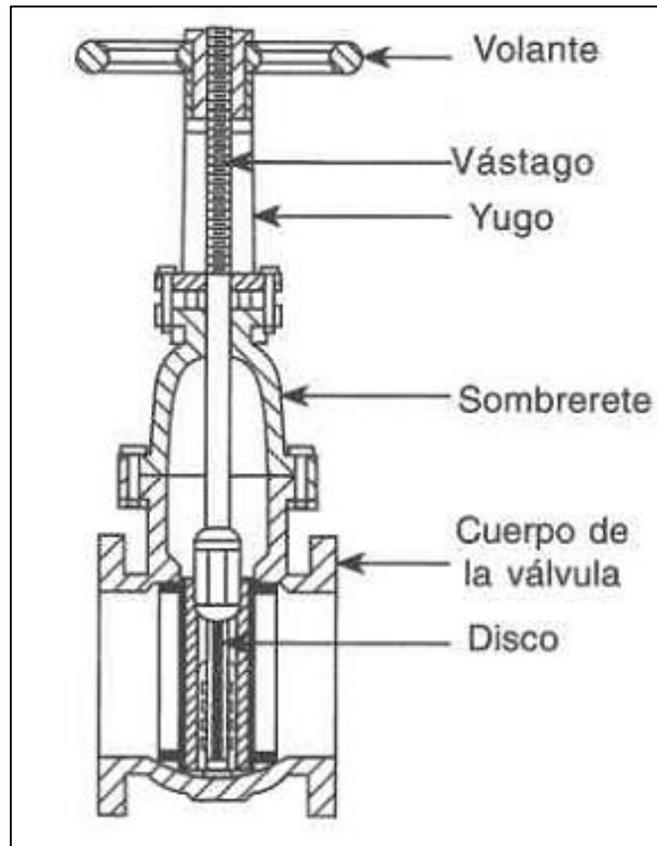
Fuente: Norma NFPA 25 edición 2002. <https://es.slideshare.net/MOSHERG/nfpa-25-inspeccion-prueba-y-mantenimiento-de-sistemas-de-proteccion-contra-incendios-a-base-de-agua-2002>. Consulta: 18 de febrero de 2017.

Anexo 3. Partes básicas de un motor diesel



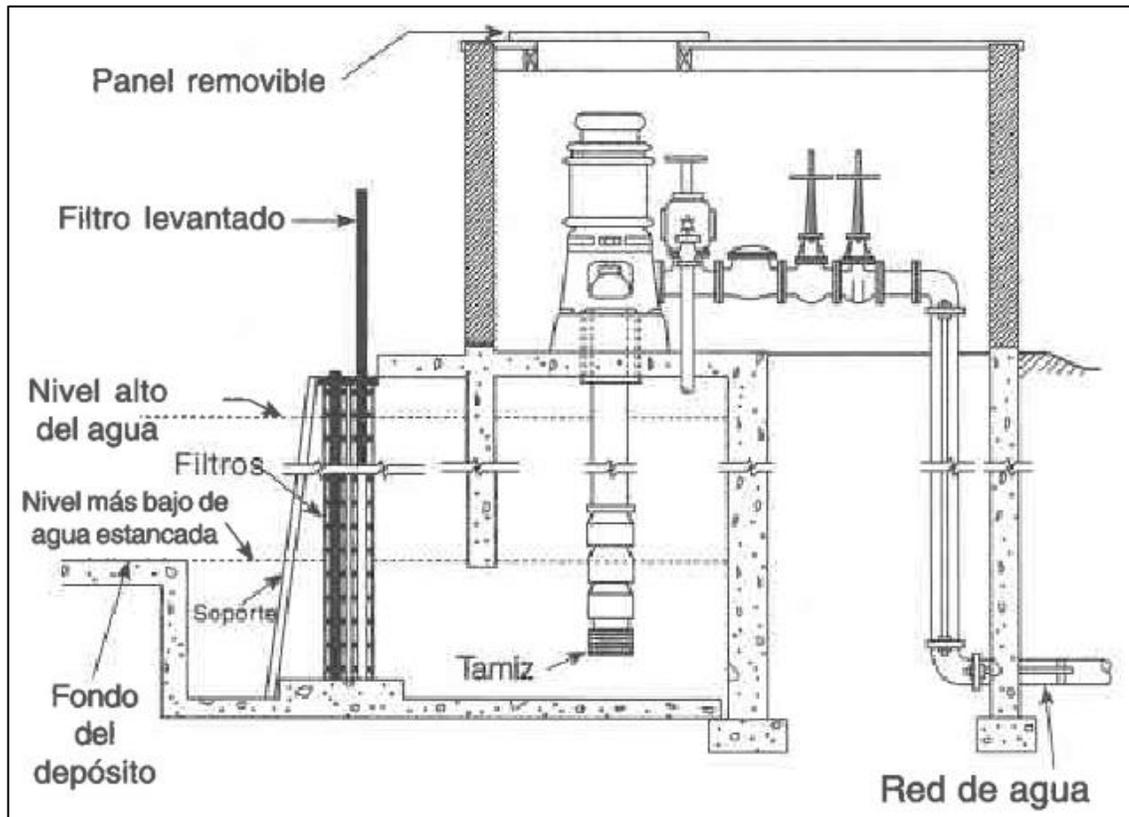
Fuente: *Equipos blindados*. <http://johnbarreraequiposblindados.blogspot.com/>. Consulta: 18 de febrero de 2017.

Anexo 4. **Partes de una válvula de compuerta**



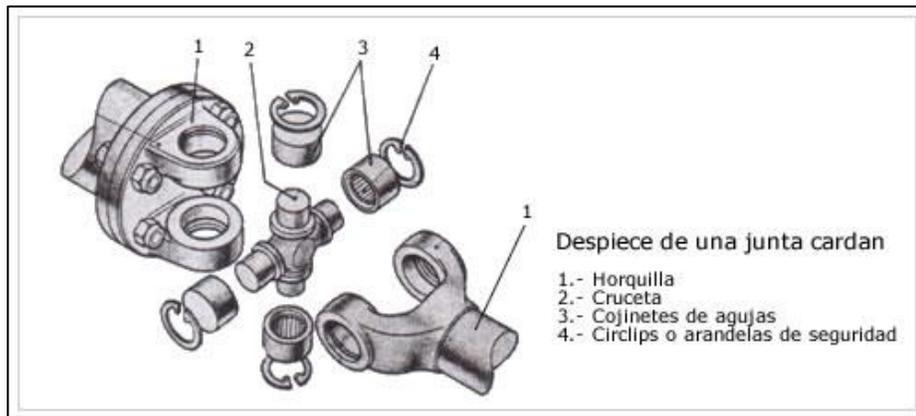
Fuente: *Norma NFPA 25 edición 2002*. <https://es.slideshare.net/MOSHERG/nfpa-25-inspeccion-prueba-y-mantenimiento-de-sistemas-de-proteccion-contra-incendios-a-base-de-agua-2002>. Consulta: 18 de febrero de 2017.

Anexo 5. **Tanque de abastecimiento de agua de foso húmedo**



Fuente: *Norma NFPA 25 edición 2002*. <https://es.slideshare.net/MOSHERG/nfpa-25-inspeccion-prueba-y-mantenimiento-de-sistemas-de-proteccion-contra-incendios-a-base-de-agua-2002>. Consulta: 18 de febrero de 2017.

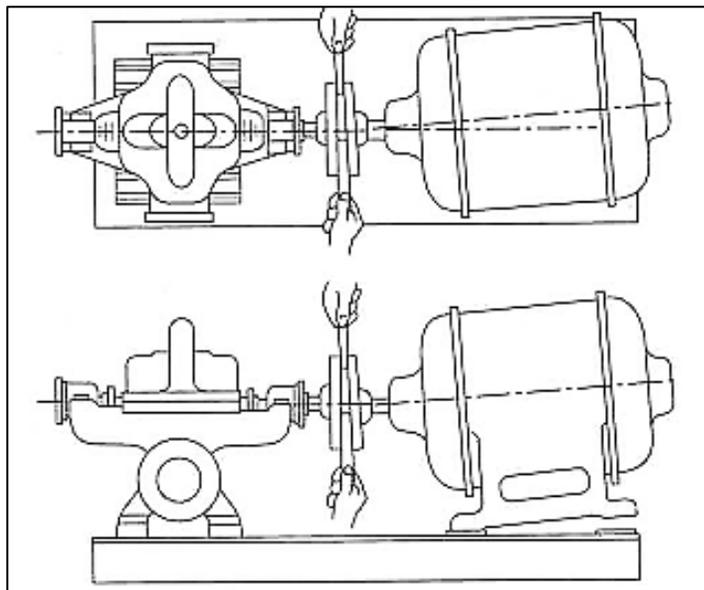
Anexo 6. Despiece de una junta cardan



Fuente: *Aficionados a la mecánica*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/transmisiones.htm>.

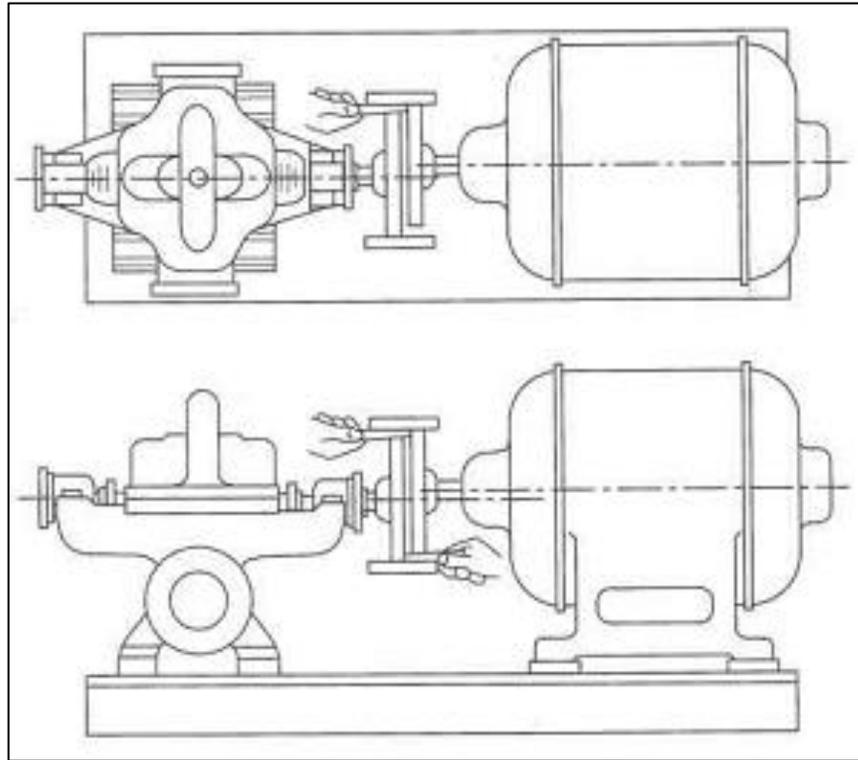
Consulta: 15 de enero de 2017.

Anexo 7. Alineación angular de moto-bomba



Fuente: *Norma NFPA 25 edición 2002*. <https://es.slideshare.net/MOSHERG/nfpa-25-inspeccion-prueba-y-mantenimiento-de-sistemas-de-proteccion-contra-incendios-a-base-de-agua-2002>. Consulta: 15 de enero de 2017.

Anexo 8. **Alineación paralela de moto-bomba**



Fuente: *Norma NFPA 25 edición 2002*. <https://es.slideshare.net/MOSHERG/nfpa-25-inspeccion-prueba-y-mantenimiento-de-sistemas-de-proteccion-contraincendios-a-base-de-agua-2002>. Consulta: 15 de enero de 2017.

Anexo 10. **Tabla de puntos de inspección actuales para motores de combustión interna**

Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿La temperatura del motor es la adecuada antes del arranque? (motor apagado)	M				40 a 50 °C		
¿El nivel de aceite es el adecuado?	M				Según fabricante		
¿El nivel de refrigerante es el adecuado?	M				Según fabricante		
¿El filtro de aire se encuentra en buenas condiciones?	M						
¿El pre-calentador de motor funciona adecuadamente?	M						
¿La posición de las válvulas de las líneas de enfriamiento es la correcta?	M						
¿Se verifico el voltaje de los bancos de baterías?	M						
Banco No1					24 VDC		
Banco No2					24 VDC		
¿Se realizó arranque y paro de motor desde el panel auxiliar?	3M						
Desde banco No 1							
Desde banco No 2							
¿El manómetro de la línea de enfriamiento funciona adecuadamente?	M						
¿La presión de la línea de enfriamiento es la adecuada?	M				25 - 30 PSI		
¿La temperatura del agua de motor es la adecuada?	M				175 - 190 °F		
¿La presión de aceite de motor es la adecuada?	M				50 – 75 PSI		
¿Se registró las horas trabajadas del motor?	M						
¿Se realizó limpieza al filtro de aire?	6M						
¿Se realizó limpieza a los filtros de las líneas de enfriamiento?	6M						
¿Se realizó afinación del motor?	A						

Fuente: *Check list, versión digital de mantenimiento a bombas de combustión interna.* Fuego y Seguridad S.A. Consulta: 15 de enero de 2017.

Anexo 11. **Tabla de puntos de inspección actuales para acoplamientos mecánicos**

Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿Cuenta con guardas el acoplamiento mecánico?	M						
¿Se encuentra en buen estado el acoplamiento mecánico?	M				Según fabricante		
¿Lubricación del acoplamiento de la bomba?	A				Según fabricante		

Fuente: *Check-list, versión digital de mantenimiento a bombas de combustión interna.*
Fuego y Seguridad S.A. Consulta: 15 de enero de 2017.

Anexo 12. **Tabla de puntos de inspección actuales para acoplamientos mecánicos**

Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿Se verifico que el nivel de aceite sea el adecuado?	M						
¿Se verifico la temperatura adecuada de funcionamiento del equipo?	M						
¿Lubricación del cabezal de engranajes?	A						
¿Se realizó cambio de aceite?	3A						

Fuente: *Check list, versión digital de mantenimiento a bombas de combustión interna.* Fuego y Seguridad S.A. Consulta: 15 de enero de 2017.

Anexo 13. **Tabla de puntos de inspección actuales para bombas hidráulicas**

Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿La válvula de succión está abierta?	M						
¿La válvula de descarga está abierta?	M						
¿La válvula de succión abre y cierra correctamente?	M						
¿La válvula de descarga abre y cierra correctamente?	M						
¿La válvula de succión es la adecuada?	M						
¿La válvula de descarga es la adecuada?	M						
¿Funciona la válvula de alivio?	M						
¿Funciona la válvula de recirculación?	M						
¿Funciona la válvula check?	M						
¿El estado de la válvula eliminadora de aire es el adecuado?	M						
¿El tipo y el estado de los medidores de presión es el adecuado?	M						
¿Se registró la presión de salida?	M				Según fabricante		
¿Se registró la presión de succión de la bomba?	M						
¿Se encuentra el drenaje de la bomba libre de obstrucciones?	M						
¿Se encuentra el estopero lubricado antes del arranque?	M						
¿El cuerpo de la bomba se encuentra sin calentamiento excesivo?	M						
¿Los baleros de la bomba se encuentran sin calentamiento excesivo?	M						
¿Se observaron ruidos o vibraciones anormales durante el funcionamiento?	M						
¿Se revisó la alineación de la bomba?	A						
¿Se realizó prueba de eficiencia de la bomba con flujo al 150%?	A						

Fuente: *Check list, versión digital de mantenimiento a bombas de combustión interna.*

Fuego y Seguridad S.A. Consulta: 15 de enero de 2017.

Anexo 14. **Tabla de puntos de inspección actuales para paneles eléctricos de control**

Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿Se encontró el equipo en automático?	M						
¿Se encontró el tablero de control cerrado y asegurado?	M						
¿El tablero y sus componentes siguen aprobados?	M				FM/UL		
¿El interruptor de presión es aprobado?	M				FM/UL		
¿El display funciona adecuadamente?	M						
¿Verificación de voltaje de alimentación del tablero?	M				110 VAC		
¿El cargador de baterías del panel de control funciona correctamente? Banco No 1	M				24 VDC		
Banco No 2					24 VDC		
¿Se encuentra en condiciones operacionales la línea piloto?	M						
¿Se encuentra operando el manómetro de la línea piloto?	M						
¿La instalación eléctrica está libre de daño?	M						
¿Opero la simulación de falla de los bancos de baterías?	M						
¿Opero la simulación de falla de bajo nivel de combustible?	M						
¿Opero la simulación de falla de corriente alterna y cargador de baterías?	M						
¿Opero la simulación de falla de bajo nivel de agua?	M						
¿Opero la simulación de la falla de motor fuera?	M						
¿La señal audible local funciona?	M						
¿Los rangos del equipo en automático son los adecuados?	M						
Presión de arranque							
Presión de paro							
Tiempo de retardo para el arranque Tiempo de retardo después de restablecer presión							
¿arranco el equipo en posición de prueba?	M						
¿Funciona la supervisión local de equipo en funcionamiento?	M						
¿Funciona la señal remota de equipo en funcionamiento?	M						

Continuación del anexo 14.

¿Opera correctamente la supervisión de presión de aceite?	M						
¿Opera adecuadamente la supervisión de temperatura del motor?	M						
¿Opero correctamente la supervisión de velocidad del motor?	M						
¿Opera adecuadamente el botón de paro manual?	M						
¿Se reportaron las supervisiones de fallas locales al tablero de alarmas?	M						
¿El equipo quedo en condiciones normales y en automático después de las pruebas?	M						
¿Se encuentran apretados los conductores eléctricos?	3M						
¿Arranco el motor desde el tablero de control manualmente?	M						
Con el banco No 1							
Con el banco No 2							

Fuente: *Check list, versión digital de mantenimiento a bombas de combustión interna.* Fuego y Seguridad S.A. Consulta: 15 de enero de 2017.

Anexo 15. **Tabla de puntos de inspección actuales para tanques de combustible**

Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿El nivel del tanque de combustible es mayor a ¾?	M						
¿Las líneas de combustible están libres de daño?	M						
¿La instalación del tanque de combustible es la adecuada?	M						
¿Está la válvula del tanque en posición abierta?	M						
¿La capacidad del tanque es la adecuada?	M						
¿Se realizó remoción de sedimentos?	6 M						

Fuente: *Check list, versión digital de mantenimiento a bombas de combustión interna.* Fuego y Seguridad S.A. Consulta: 15 de enero de 2017.

Anexo 16. **Tabla de puntos de inspección actuales para tanques de abastecimiento de agua**

Acción	F	S	N/A	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿La condición del agua es aceptable?	M						
¿La válvula de suministro se encuentra abierta?	M						
¿La válvula de altitud opera adecuadamente?	M						
¿La válvula de flotador opera adecuadamente?	M						
¿El nivel de agua del tanque es el adecuado?	M						
¿Las paredes de la cisterna están en buenas condiciones físicas?							
¿La entrada hombre está en buenas condiciones?	M						
¿Cuenta con indicadores de "Área Restringida"?	M						
¿Las válvulas cuentan con señalizaciones?	M						
¿La línea de retorno se encuentra en buenas condiciones?	M						
¿La condición física del exterior del tanque es satisfactoria?	M						
¿El soporte estructural del tanque está en buen estado?	M						
¿La escalera y pasos de gato no presentan daño físico?	M						
¿El área exterior del tanque está libre de materiales que presenten riesgo de fuego?	M						
¿El área exterior del tanque está libre de materiales que aceleren la corrosión?	M						
¿Se verifico el tubo de venteo del tanque?	M						
¿Se probó la alarma de alto y bajo nivel?	A						
¿Se dreño para eliminar sedimentos?	A						
¿Se le dio mantenimiento a las válvulas de control?	A						

Fuente: *Check list, versión digital de mantenimiento a bombas de combustión interna.* Fuego y Seguridad S.A. Consulta: 15 de enero de 2017.

Anexo 17. **Tabla de puntos de inspección actuales para arranque semanal a bomba de combustión interna**

Acción	S	N	Parámetros	Lecturas	Comentarios
¿Se encuentra el sistema en modo automático?					
Carga de baterías banco No. 1					
Carga de baterías banco No. 2					
¿La posición de las válvulas de la línea de enfriamiento se encuentran abiertas?					
¿Funciona el pre calentador del motor?					
¿Es nivel de refrigerante es correcto?					
¿El nivel de aceite de motor es el correcto?					
¿El nivel de aceite del cabezal de engranes es el correcto?					
¿El nivel de diésel en el tanque es el correcto?			> 3/4		
Presión de descarga de la bomba					
Presión de agua en línea de enfriamiento			25 - 30 psi		
¿La temperatura del motor es la adecuada?					
Presión de aceite					
Horas trabajadas del motor					

Fuente: *Check list, versión digital de mantenimiento a bombas de combustión interna.* Fuego y Seguridad S.A. Consulta: 15 de enero de 2017.

