



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PARA EL
SISTEMA CONTRA INCENDIO HÚMEDO, EN UNA PLANTA DE SUMINISTROS DE
COMBUSTIBLES**

Vicente Rafaél González Rosales

Asesorado por el Mtro. Ing. Sergio Alejandro López Rodríguez

Guatemala, enero de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PARA EL
SISTEMA CONTRA INCENDIO HÚMEDO, EN UNA PLANTA DE SUMINISTROS DE
COMBUSTIBLES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

VICENTE RAFAÉL GONZÁLEZ ROSALES

ASESORADO POR EL MTRO. ING. SERGIO ALEJANDRO LÓPEZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, ENERO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|---|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| VOCAL I | Ing. José Francisco Gómez Rivera |
| VOCAL II | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez |
| VOCAL III | Ing. José Milton de León Bran |
| VOCAL IV | Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente |
| VOCAL V | Br. Fernando José Paz González |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| EXAMINADOR | Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez |
| EXAMINADOR | Ing. Carlos Snell Chicol Morales |
| EXAMINADOR | Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIO HÚMEDO, EN UNA PLANTA DE SUMINISTROS DE COMBUSTIBLES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 26 de noviembre de 2020.

Vicente Rafaél González Rosales

Ref. EEPFI-0688-2021
Guatemala, 17 de junio de 2021

Director
Gilberto Morales Baiza
Escuela de Ingeniería Mecánica
Presente.

Estimado Ing. Morales:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: **DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIO HÚMEDO DE UNA PLANTA DE SUMINISTROS DE COMBUSTIBLES**, presentado por el estudiante **Vicente Rafael González Rosales** carné número **9416572**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Ingeniería de Mantenimiento.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Sergio Alejandro López Rodríguez
Asesor

Sergio Alejandro López Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO
COLEGIADO 12587

Mtra. Rocío Carolina Medina Galindo
Coordinador de Maestría
Ingeniería de Mantenimiento



Mtro. Edgar Darío Álvarez Coti
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIM-10-2021

El Director de la Escuela de Ingeniería en Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIO HÚMEDO DE UNA PLANTA DE SUMINISTROS DE COMBUSTIBLES**, presentado por el estudiante universitario **Vicente Rafael González Rosales**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Gilberto Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería en Mecánica

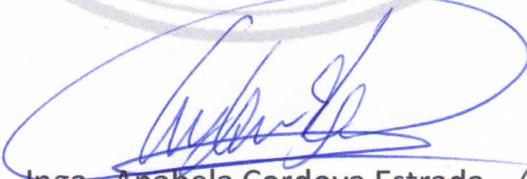
Guatemala, junio de 2021



DTG. 002.2022

La Decana 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: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIO HÚMEDO, EN UNA PLANTA DE SUMINISTROS DE COMBUSTIBLES**, presentado por el estudiante universitario: **Vicente Rafael González Rosales**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, enero de 2022.

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

La luz que siempre ilumina mi camino y guía cada uno de mis pasos en esta vida; a él sea toda la gloria, el poder y la honra.

Mis padres

Irma Rosales y Rolando González, por el amor y apoyo que siempre encuentro en ellos.

Mi esposa

Yeimi González, por el amor, consuelo y apoyo incondicional en todo momento.

Mis hijos

Allan, Amy y Rafael para quienes deseo ser un ejemplo, de que con esfuerzo es posible lograr el éxito.

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|---|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | A la gloriosa Tricentenaria, por ser mi casa de estudios y permitir mi formación académica como profesional, de la cual estoy orgullosa de egresar. |
| Facultad de Ingeniería | Por todo el conocimiento y sabiduría adquiridos en sus aulas durante de mis años de estudio. |
| Mis amigos | Personas que siempre me brindaron soporte en los momentos difíciles de esta carrera. |
| Mi asesor | Mtro. Ing. Sergio Alejandro López, por compartir su conocimiento y experiencia para la elaboración de este diseño de investigación. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS | VII |
| GLOSARIO | IX |
| RESUMEN..... | XI |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. ANTECEDENTES | 3 |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 5 |
| 4. JUSTIFICACIÓN | 9 |
| 5. OBJETIVOS | 11 |
| 5.1. General..... | 11 |
| 5.2. Específicos | 11 |
| 6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN | 13 |
| 7. MARCO TEÓRICO..... | 17 |
| 7.1. Conceptos de mantenimiento | 17 |
| 7.1.1. Tipos de mantenimiento | 17 |
| 7.1.1.1. Mantenimiento preventivo..... | 18 |
| 7.1.1.2. Mantenimiento correctivo..... | 19 |
| 7.1.1.3. Mantenimiento predictivo | 19 |

| | | | |
|------|----------|---|----|
| | 7.1.1.4. | Mantenimiento de alta disponibilidad ... | 20 |
| | 7.1.1.5. | Mantenimiento de clase mundial | 20 |
| 7.2. | | Plan de mantenimiento..... | 21 |
| | 7.2.1. | Implementación de un plan de mantenimiento | 21 |
| | 7.2.2. | Oportunidades y límites de un plan de mantenimiento | 22 |
| 7.3. | | Bombas hidráulicas | 22 |
| | 7.3.1. | Tipos de bombas | 22 |
| | | 7.3.1.1. Bomba centrífuga horizontal..... | 23 |
| | | 7.3.1.2. Bomba horizontal de carcasa partida ... | 24 |
| | | 7.3.1.3. Bomba de eje vertical | 25 |
| | | 7.3.1.4. Bomba normada para sistemas contra incendio | 26 |
| 7.4. | | Motor diésel..... | 27 |
| | 7.4.1. | Sistema de arranque y paro de motor diésel..... | 28 |
| | 7.4.2. | Sistema de enfriamiento..... | 29 |
| | 7.4.3. | Acoplamiento a bombas centrífugas | 29 |
| | 7.4.4. | Sistema eléctrico | 30 |
| | 7.4.5. | Tanques de combustible para motor diésel..... | 30 |
| 7.5. | | Controladores de bombas | 31 |
| | 7.5.1. | Normalización de controlador..... | 31 |
| 7.6. | | Mantenimiento normado..... | 32 |
| 7.7. | | Tanques para suministro de agua..... | 32 |
| | 7.7.1. | Tanques de gravedad | 32 |
| | 7.7.2. | Tanques de succión | 33 |
| 7.8. | | Combustibles | 33 |
| | 7.8.1. | Combustible diésel | 33 |
| | 7.8.2. | Combustible gasolina | 34 |
| 7.9. | | Planta de almacenamiento y suministros de combustibles | 34 |

| | | |
|-------|--|----|
| 7.10. | Indicadores | 34 |
| 8. | PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS | 37 |
| 9. | METODOLOGÍA..... | 39 |
| 9.1. | Ruta de investigación | 39 |
| 9.2. | Alcance de investigación | 39 |
| 9.3. | Tipo de investigación..... | 39 |
| 9.4. | Variables..... | 39 |
| 9.5. | Fases de investigación | 40 |
| 9.6. | Población y muestra | 41 |
| 10. | TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN..... | 43 |
| 11. | CRONOGRAMA..... | 45 |
| 12. | FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO | 47 |
| 13. | REFERENCIAS..... | 49 |
| 14. | APÉNDICE | 57 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|----|---|----|
| 1. | Esquema de solución | 14 |
| 2. | Bomba centrífuga | 23 |
| 3. | Bomba horizontal de carcasa partida | 24 |
| 4. | Bomba de eje vertical | 25 |
| 5. | Placa de bomba normada | 26 |
| 6. | Motor diésel..... | 27 |
| 7. | Panel secundario | 28 |
| 8. | Tanque de combustible diésel..... | 30 |
| 9. | Cronograma de ejecución | 45 |

TABLAS

| | | |
|-----|--------------------------------------|----|
| I. | Operativización de variables | 40 |
| II. | Presupuesto de la investigación..... | 48 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------|--|
| CC | Corriente continua |
| CD | Corriente directa |
| i | Denominación de corriente eléctrica |
| gpm | Galones por minuto. Unidad de flujo volumétrico inglés |
| °C | Grados centígrado |
| psi | Libras sobre pulgada cuadrada. Unidad de presión |
| m | Metro. Unidad de longitud |
| % | Porcentaje |
| V | Voltios. Medida de tensión eléctrica |

GLOSARIO

| | |
|--------------------|---|
| Alabe | Paleta curva de una turbomáquina o máquina de fluido rotodinámica, forma parte del rodete. |
| ASTM | Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (<i>American Society for Testing and Materials</i>) |
| Carcasa | Parte exterior de la bomba. |
| Controlador | Utilizado para el control y monitorización de los sistemas hidráulicos de aumento de presión y de circulación. |
| Impulsor | Disco giratorio de hierro o acero con álabes en una bomba centrífuga. |
| NFPA 20 | Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias para Protección contra Incendios (<i>Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection</i>). |
| Rodete | Tipo de rotor formado por una serie de álabes de varias formas, curvados en dirección contraria al movimiento, que giran dentro de una carcasa o tubería y es el encargado de impulsar el fluido. |

Voluta

Cámara o carcasa en forma de espiral de una bomba centrífuga dentro de la cual gira el rodete y que recoge el fluido.

RESUMEN

El presente trabajo tratará sobre el diseño de una metodología de mantenimiento para el sistema contra incendio húmedo, en una planta de suministro de combustibles, la cual podrá adaptarse a otras terminales de similares características. En estas, se podrán encontrar bombas de alta capacidad acopladas a motores diésel las cuales cumplen con estándares internacionales.

Tener la certeza de que el equipo opere adecuadamente es importante y deberá involucrar mantenimiento de alta disponibilidad realizado satisfactoriamente, que impactará al momento de la utilización del equipo, durante una emergencia.

Diseñar una metodología de mantenimiento para el sistema contra incendio, así como el mantenimiento predictivo para determinar con antelación problemas en el funcionamiento, es importante para poder aplicar las medidas correctivas apropiadas y con anticipación.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tratará sobre el diseño de una metodología de mantenimiento para el sistema contra incendio húmedo, en una planta de suministros de combustibles, que se podrá aplicar, no solo en la planta donde se realiza el estudio, sino también a toda terminal a nivel nacional que comparta las características del sistema contra incendio. Esto es, que poseen bombas centrífugas de carcasa partida de alta capacidad de flujo y presión, acopladas a motores de combustión interna diésel y que cumplen con estándares internacionales para garantizar su funcionamiento adecuado.

Además, se diseña una metodología de mantenimiento para el sistema contra incendio, ya que es de vital importancia. Hay herramientas disponibles y de alta eficiencia, que ayudarán a realizar este objetivo. El mantenimiento preventivo permitirá considerar a los equipos como elementos aislados y con limitantes que deben mejorar en el funcionamiento.

El mantenimiento predictivo comprende una serie de técnicas aplicadas que se usan para determinar con antelación, algún problema que pueda tener el equipo en funcionamiento, sin interrupciones o paros obligados inmediatos. Esto permitirá contar con el tiempo prudencial para aplicar las correcciones necesarias al equipo crítico, como la bomba principal, que en estos casos es el centro del sistema contra incendios.

Se debe tener la seguridad de que el equipo trabaje en el primer requerimiento de operación, ya que de su buen funcionamiento dependen vidas

humanas. Este deberá tener un mantenimiento de alta disponibilidad, donde trabaje satisfactoriamente durante el tiempo de la emergencia.

Por medio de la realización de esta investigación, se espera proponer una guía esquemática y metodológica, para ser aplicadas en los sistemas contra incendios.

De acuerdo con el esquema de solución, se recopilará la información necesaria del sistema, mediante el uso de normas internacionales, manuales, información del fabricante del equipo, bitácoras de trabajo y de mantenimientos. Luego, será necesario conocer la condición del sistema en campo a través de visitas al sitio de trabajo, realizar entrevistas con operadores del sistema y realización de cuadros de inspección. Se finalizará, con base en los resultados, con la propuesta del diseño de una metodología de mantenimiento.

El capítulo I de la investigación, será el desarrollo de este, haciendo mención sobre los datos importantes recolectados en campo, de manuales, entrevistas y tablas de verificación. En el capítulo II se presentarán los resultados obtenidos, los cuales se tiene contemplado sean satisfactorias para el departamento de mantenimiento y por último en el capítulo III se tendrá la discusión de los resultados obtenidos.

2. ANTECEDENTES

Para este trabajo de investigación, se realizó un estudio bibliográfico a profundidad, de las publicaciones desarrolladas previamente sobre el tema. Y se determinó que, hay trabajos que pueden servir de soporte para el desarrollo del diseño de la presente investigación. Por ello, a continuación, se describen algunos de estos, que brindan información importante al respecto.

Martínez y Álvarez (2019) realizaron una investigación sobre el análisis de fallas recurrentes en bombas axiales verticales y propusieron soluciones para el sistema de bombeo de agua. Además, investigaron las causas de fallas eléctricas, mecánicas y defectos en mantenimiento ocurridas en bombas axiales. Asimismo, revisaron los procesos de ingeniería de mantenimiento y los aspectos económicos importantes. Demostraron que, con la ejecución de mantenimientos preventivos y siguiendo las recomendaciones del fabricante, se habrían reducido costos hasta un 4% del valor total de las bombas adquiridas.

Ruiz (2016) realizó una investigación para realizar el diseño conceptual del sistema hidráulico de protección contra los incendios, para la Universidad Católica de Colombia. El aporte metodológico a la investigación es que, a pesar de tener normativas amplias sobre diseño de los sistemas contra incendios, operación y mantenimiento falta control por parte de entidades oficiales que garanticen el correcto funcionamiento para lo que se construyeron. También, identificó como problema fundamental, la falta de formación y capacitación adecuadas.

Molina (2015) realizó una investigación sobre los riesgos de incendio y explosión en un patio de tanques horizontales de almacenamiento de gas licuado derivado de petróleo. Justificó la implementación del sistema contra incendios e implemento un cronograma de costos de instalación. Estableció parámetros claros del diseño del sistema contra incendio que cumpliría con las normativas legales. Como aporte práctico a la investigación, recomendó establecer un programa de mantenimiento basado en normas internacionales para disponer de un sistema operativo confiable ante cualquier emergencia.

Paz, Bonet y Pérez (2007) efectuaron una investigación de técnicas de análisis de aceite usado para diagnóstico a motores diésel. Definieron que la degradación es el proceso donde un aceite pierde sus propiedades para lubricar, limpiar o refrigerar el motor diésel originando alteraciones físicas y químicas. Utilizaron técnicas de medición de viscosidad determinadas por la norma ASTM D445 y técnicas de medición de alcalinidad del aceite expresado con el índice de basicidad total (TBN) bajo la norma ASTM D664 y D2896. El aporte práctico a la investigación es la información sobre la durabilidad media del lubricante, que es superior a la recomendada por el fabricante, alargando el periodo de cambios de aceite y reduciendo costos de mantenimiento.

Montaño (2005) analizó el sistema de abastecimiento de agua para un hospital. Diseñó una metodología para el cálculo del sistema de bombeo con bombas centrífugas y determinó las principales fallas del sistema de suministro de agua. Creó una alternativa de equipo de bombeo con motor eléctrico y variador de frecuencia, optimizando los consumos de energía eléctrica y mantenimiento, concluyó en la evaluación económica viable para el hospital. El aporte metodológico a la investigación es el cálculo del sistema de bombeo para bombas centrífugas.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Contexto

En la planta de distribución de hidrocarburos ha habido fallos en el funcionamiento del sistema contra incendios. Estos fallos se han detectado en pruebas no rutinarias. Durante el fallo de la bomba principal, la planta se ha quedado sin protección y esto ha incidido en la inseguridad del despacho de combustible.

A la fecha, la totalidad de los sistemas contra incendios trabajan sin intervención humana. Los fabricantes diseñan equipos efectivos y fiables en su funcionamiento, pero estos no deben carecer de inspecciones, pruebas y mantenimiento.

- Descripción y delimitación del problema

La falta de un plan de mantenimiento apegado a las normas internacionales, como NFPA 20 (Norma para la instalación de bombas de incendio centrífugas), ha generado que se produzcan fallas, aumenten y afecten el servicio que ofrece el sistema, en caso de una emergencia a los usuarios de la planta y a las instalaciones en sí. Esto sucede desde 2018.

Una de las causas de las fallas de los sistemas contra incendio radica en el bajo interés que tienen los propietarios del equipo por el funcionamiento fiable. A raíz de la falta del interés, se suma el tiempo que no se le brinda para reconocer

las fallas a detalle y no implementar soluciones inmediatas a los problemas presentados.

A estos problemas se agrega la utilización de mano de obra no calificada por los trabajos de reparación en equipo especializado y el uso de repuestos de baja calidad no recomendada por el fabricante.

El efecto que se tiene por bajo interés por parte de los propietarios del equipo en dar inspecciones será el desconocimiento de la disponibilidad de equipo crítico.

No implementar soluciones inmediatas llevará a no tener protección a corto plazo por la falla del equipo, el cuarto de bombas, hidrantes, sistema de espuma son esenciales en ataques incendio desde su inicio. La mano de obra no calificada proveerá información inexacta y se obtendrá una falsa expectativa de buen funcionamiento del sistema. Utilizar repuestos no recomendados por el fabricante puede llevar a falla o avería del equipo principal, dejándolo fuera de operación en un momento crítico. También aumentaría los costos en las reparaciones necesarias.

Los sistemas contra incendios son obligatorios en toda industria de manejo de hidrocarburos, derivados del petróleo y productos inflamables. El utilizarse adecuadamente y realizar las inspecciones necesarias proveerá de respaldo para el funcionamiento del equipo crítico que, si se necesitará, podría evitar las pérdidas de vidas humanas y económicas en la planta.

- Pregunta central

¿Qué labores de mantenimiento para el sistema contra incendio húmedo se desarrollan en una planta de suministros de combustibles?

- Preguntas auxiliares de Investigación

- ¿Qué mejoras pueden proponerse a los planes de mantenimiento ya existentes para el sistema contra incendio húmedo?
- ¿Cuáles son los parámetros adecuados que influyen en el funcionamiento del sistema contra incendio húmedo?
- ¿Qué tecnología se aplica para el monitoreo del estado de la condición del sistema contra incendio húmedo?

4. JUSTIFICACIÓN

La industria de almacenamiento de combustibles en Guatemala ha venido mejorándose continuamente con la ayuda de la tecnología, haciendo más eficientes sus procesos de distribución y almacenamiento a gran escala. Esto obliga la implementación en las plantas de sistemas contra incendios, que cumplan y se mantengan con estándares internacionales.

Las consecuencias de la falta de seguridad industrial han producido pérdidas económicas y humanas. Por ejemplo, en la planta de Almacenamiento Zolic, ubicada en el Puerto de Santo Tomás de Castilla, fallecieron 15 personas y hubo 100 heridos, como producto de un incendio (1999). También sufrieron percances, una almacenadora de químicos, ubicada en Amatitlán en (1994); y la Terminal de combustibles COPENSA, en el Puerto de San José (2003), todos los anteriores, son lugares donde el sistema contra incendio tiene un funcionamiento crítico.

En el ámbito del departamento de mantenimiento de una planta de combustibles, cualquier mejora en la gestión de mantenimiento que se pueda implementar tendrá un impacto directo en la salud y seguridad ocupacional, así como en el ambiente, por las actividades relacionadas con químicos, lubricantes y sustancias peligrosas.

El aporte que brindará la siguiente investigación será lograr una serie de mejoras que impacten directamente en el medioambiente, en la salud de las personas que ejecutan las tareas de mantenimiento, de los beneficios económicos que tendrá la empresa al realizar los procesos más eficientes, así

como tener liderazgo y mejora continua de las plantas de almacenamiento de combustible, las cuales carecen en su visión en los talleres de mantenimiento en la implementación de un plan de mantenimiento.

La importancia del diseño de una metodología de mantenimiento sobre el equipo crítico de los sistemas contra incendio aumentará la vida útil de los mismos que tienen un costo de inversión inicial o reemplazo alto y que ayuden a que la planta de almacenamiento de combustibles se encuentre siempre operativa.

Una metodología de mantenimiento del sistema contra incendio sentará las bases para mejorar cada uno de los procesos existentes dentro del departamento de mantenimiento, ayudando a los procedimientos a ser más eficientes y seguros.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar la metodología de mantenimiento para el sistema contra incendio húmedo en una planta de suministros de combustibles.

5.2. Específicos

- Proponer mejoras a los planes de mantenimiento ya existentes para el sistema contra incendio húmedo para una planta de suministros de combustibles.
- Establecer los parámetros adecuados que influyen en el funcionamiento del sistema contra incendio húmedo.
- Identificar las tecnologías actualizadas que son aplicables para el monitoreo del estado de la condición de un sistema contra incendio húmedo.

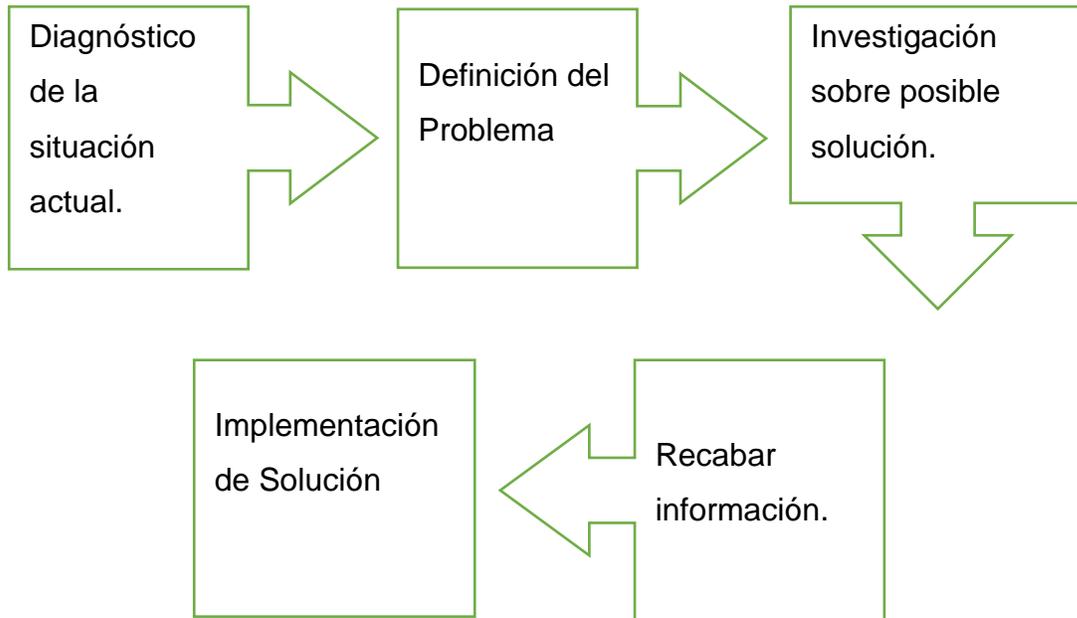
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

El trabajo de investigación pretende, mediante el diseño de una metodología de mantenimiento para el sistema contra incendio húmedo para el sitio de almacenamiento de combustibles en la bomba contra incendio se puedan reducir las intervenciones no programadas de mantenimiento y reducir el riesgo de accidentabilidad al efectuar los mantenimientos. Al mismo tiempo, como un resultado de la mejora de utilización de repuestos y planificaciones, reducir los gastos no contemplados en el presupuesto. Es evidente que, una vez implementado una metodología de mantenimiento para el sistema contra incendio húmedo en el lugar del almacenamiento de combustible, se tendrá una mejora en el tiempo de trabajos en atención de fallas, evitar desperdicios innecesarios en mantenimientos no rutinarios, aumentar la eficiencia general del equipo y cumplir con normas internacionales contra incendio como NFPA 20.

Con la implementación de una metodología de mantenimiento para el sistema contra incendio en la planta de almacenamiento de combustible, se pretende incrementar la vida útil del activo de la empresa, que contempla para este caso particular, con un valor aproximado de un millón quinientos setenta y siete mil quinientos quetzales. (Q 1,577,500,00.)

El esquema de solución que se pretende ensayar para resolver el problema de la falta de una metodología de mantenimiento para el sistema contra incendios es la siguiente:

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el esquema anterior se evaluará a la fecha en la que se realiza la investigación, mediante visitas programadas, indicadores dados por la sección de mantenimiento en la falta de un plan de mantenimiento adecuadamente establecido.

Posteriormente se define el problema, que es la falta de un plan adecuado de mantenimiento para la bomba centrífuga del sistema contra incendios en el lugar del almacenamiento de combustibles.

Por medio de comparaciones con sistemas similares en otras plantas, información de fabricantes de bombas contra incendio, bitácoras de trabajo, reportes adicionales de mantenimiento se recopilará información de fallas donde

se podrá encontrar información complementaria sobre las soluciones del problema.

Por último, se procederá al diseño de una metodología de mantenimiento para el sistema contra incendio húmedo, con lo cual se prolongará la vida útil de equipo y la eficacia al momento de ser operado en una emergencia y pruebas rutinarias, asegurando con esto la protección continua a la planta.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Conceptos de mantenimiento

Hay diferentes definiciones para abordar el concepto de mantenimiento. A continuación, se citarán algunas de las más importantes.

“Existen varias herramientas disponibles y adoptadas hoy en día que tienen en nombre la palabra mantenimiento. Es importante observar que esos no son nuevos tipos de mantenimiento, sino herramientas que permiten la aplicación de los tipos de mantenimiento” (Santillan, 2017, p.14).

El mantenimiento comprende todas aquellas actividades necesarias para mantener los equipos e instalaciones en una condición particular o volverlos a dicha condición (Prando, 1996).

Según García (2003), “el mantenimiento debería de lograr asegurar una correcta operación durante la vida útil del activo, ajustándose al presupuesto del departamento de mantenimiento y cumpliendo un valor determinado de disponibilidad y fiabilidad”. (p. 18).

7.1.1. Tipos de mantenimiento

“Una manera de cómo hacer intervención de los equipos, sistemas o instalaciones caracteriza los diferentes tipos de mantenimiento existentes. Algunas prácticas básicas definen los siguientes tipos de mantenimiento:

Mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, y mantenimiento defectivo” (Santillan , 2017, p14).

7.1.1.1. Mantenimiento preventivo

“Es el mantenimiento que tiene por misión, mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno” (García, 2003, p. 17).

Según Puruncajas (2019):

Es un conjunto de tareas o rutinas que se realiza periódicamente para evitar fallas en el equipo, se especializa en inspeccionar, visualizar y actuar en caso de desgaste o avería que puede presentar los componentes de la máquina, para evitar las mismas se debe llevar a cabo el cambio de piezas que se encuentren en mal estado y que puedan provocar una parada inesperada. (p.3).

La principal ventaja del mantenimiento preventivo es la de realizar una planificación de actividades, para aminorar en lo posible la mayor cantidad de daños inesperados, reducir los tiempos inactivos de producción por fallas y así disminuir los costos de esta (Puruncajas, 2019).

El mantenimiento preventivo resulta novedoso con respecto a la visión tradicional hoy día todavía muy generalizada en la que el mantenimiento se orienta al componente considerado un elemento aislado y no parte integrante de un todo con una función que desempeñar.

Un plan de mantenimiento preventivo óptimo permite comprender que este tiene límites, los cuales no mejoran la disponibilidad si no se considera la posibilidad de realizar modificaciones sobre los sistemas.

Por tanto, un plan de mantenimiento preventivo (PMP) va a definir la estrategia del mantenimiento más pertinente que se debe aplicar sobre un equipo. Al realizar el estudio, se determinarán los fallos juzgados como:

- El tipo de mantenimiento que realizar.
- El contenido y descripción de las tareas.
- La frecuencia o intervalos entre intervenciones (Sacristán, 2014)

7.1.1.2. Mantenimiento correctivo

Con respecto al mantenimiento correctivo Gómez (1998) comenta que también suele ser “llamado mantenimiento a rotura, solo se interviene en los equipos cuando el fallo ya se ha producido. Se trata de una actitud pasiva, frente a la evolución del estado de los equipos, a la espera de la avería” (p.33).

En otros casos, cuando el fallo no supone una interrupción de la producción o ni afecta la capacidad productiva de forma inmediata, las reparaciones pueden ser llevadas a cabo sin perjudicar (Gómez, 1998).

7.1.1.3. Mantenimiento predictivo

Este mantenimiento consiste en lograr determinar con antelación o anticipación la ocurrencia de una falla. Su principal objetivo es detectar y programar la reparación de la falla antes de que esta pueda afectar la operación de los equipos, esto se logra mediante la implementación de controles periódicos

del estado de ciertos parámetros o características físicas y eléctricas que pueda dar indicios de algún fallo. La ventaja de mantenimiento es que no es necesario parar o afectar la operación del equipo, ya que se realiza mediante técnicas que ayudan a diagnosticar, mediante ensayos no destructivos o no invasivos los parámetros los cuales no afectan la operación de los equipos (Castillo, 2019).

7.1.1.4. Mantenimiento de alta disponibilidad

“La disponibilidad, que es el objetivo principal de mantenimiento puede definirse como la confianza de que un componente o sistema, al cual se le dio mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente, durante un tiempo establecido” (Mesa, Ortiz y Pinzón, 2006, p. 157).

7.1.1.5. Mantenimiento de clase mundial

El aumento de la mecanización y automatización trajo consigo que se garanticen el funcionamiento y la disponibilidad de los equipos industriales, en sectores como salud, telecomunicaciones, administración de edificios, etc.

Estas fallas pueden afectar la capacidad de mantener los estándares de calidad elevados. Esto aplica tanto a los servicios como la calidad de producto. Estas fallas tienen serias consecuencias medioambientales y de seguridad, en una época cuando los estándares en estos aspectos son cada vez más elevados. En algunos sectores industriales se está llegando al punto de garantizar la seguridad de la sociedad y el medioambiente, o en su defecto dejar de operar (Moubray, 2004).

7.2. Plan de mantenimiento

Son tareas por realizar en maquinaria de interés, el fin es que los equipos cumplan la función para la que se diseñaron, así como también objetivos de disponibilidad y aumentar el rendimiento de los equipos.

El mantenimiento, por su incidencia significativa sobre la producción y la productividad de las empresas, constituye uno de los modos idóneos para lograr y mantener mejoras en eficiencia, calidad, reducción de costos y de pérdidas, optimizando así la competitividad de las empresas que lo implementan. (Prando, 1996, p. 29)

7.2.1. Implementación de un plan de mantenimiento

Implementar un plan de mantenimiento brinda ventajas tales como:

- Permite planificar recursos y actividades del departamento de mantenimiento.
- Reducción de costos por grandes reparaciones.
- Incremento en el rendimiento de equipos.
- Funcionamiento adecuado de los equipos.
- Aumento de disponibilidad del equipo.

7.2.2. Oportunidades y límites de un plan de mantenimiento

Implementar un plan de mantenimiento crea oportunidades y límites tales como:

- Requiere personal capacitado para obtener resultados relevantes en el departamento de mantenimiento.
- No permite conocer con precisión la ruina de los componentes.
- El tiempo de implementación es considerable con respecto al correctivo.

7.3. Bombas hidráulicas

En el sentido más amplio del término, una bomba hidráulica, es un equipo generador que trabaja con un fluido incomprensible en la que se transforma energía mecánica en hidráulica

Una máquina de fluido en un sistema mecánico que intercambia energía con el fluido que está contenido o que circula a través de ella. Son máquinas de fluido las bombas, turbinas hidráulicas las de vapor y de gas. (De las Heras, 2011).

7.3.1. Tipos de bombas

Son muy pocos los procesos industriales en los que no esté involucrado algún fluido, donde no se utilice bombas horizontales. Una bomba rotodinámica es una máquina generadora que aporta energía al fluido por medio de rotores o

impulsores, incrementando su cantidad de movimiento, pero sin un cambio en su densidad (De las Heras, 2011).

7.3.1.1. Bomba centrífuga horizontal

Las bombas centrífugas proveen el movimiento de volumen de algún líquido entre dos niveles; son máquinas hidráulicas que transforman el trabajo mecánico.

Una bomba centrífuga es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio llamado rodete en energía cinética y potencial requeridas. El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno de su forma lo conduce hacia los canales de salida o hacia el siguiente rodete. (Clemente, 2012, p.11)

Figura 2. Bomba centrífuga



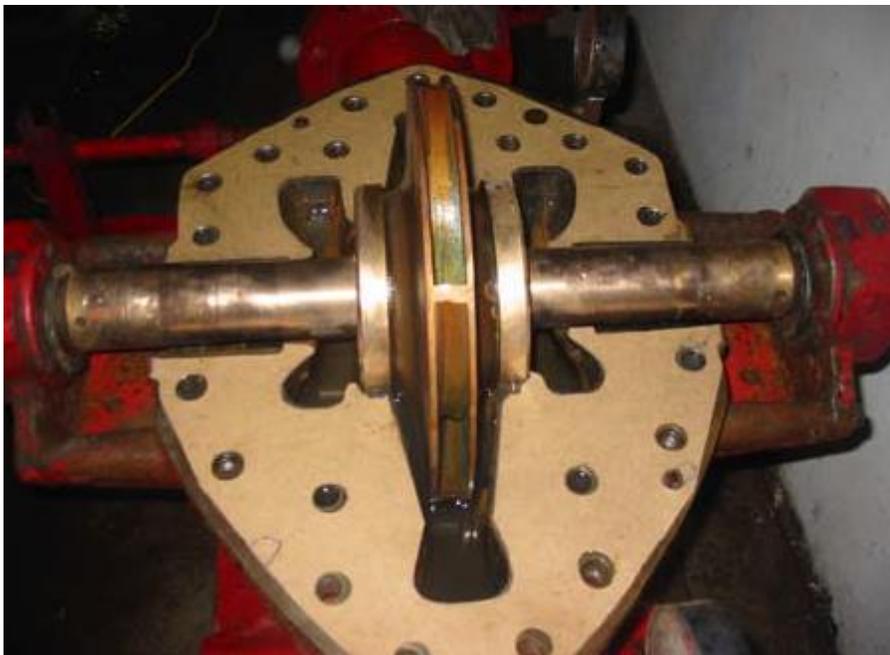
Fuente: Motorex. (s/f) *Bombas centrífugas*. Consultado el 10 de marzo de 2021. Recuperado de <https://www.motorex.com.pe/blog/conoce-bombas-centrifugas/>.

7.3.1.2. Bomba horizontal de carcasa partida

La función de la carcasa en una bomba centrífuga es “convertir la energía de velocidad impartida al líquido por el impulsor en energía de presión. Esto se lleva a cabo mediante reducción de la velocidad por un aumento gradual del área” (Clemente, 2012, p. 17).

Adicionalmente el autor menciona que, a pesar de haber varios tipos de carcasa, la de tipo voluta, es la más usada por su forma en espiral, su área se ve incrementada a lo largo de sus 360 grados que rodean su impulsor, hasta llegar al punto de la garganta de la carcasa donde inicia la descarga.

Figura 3. Bomba horizontal de carcasa partida



Fuente: [Fotografía de Rafael Vicente González Rosales]. (Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2020). Colección particular. Amatitlán

7.3.1.3. Bomba de eje vertical

Con respecto a la bomba de eje vertical Sigcho (2017) afirma que estas bombas son usadas cuando:

En el área de diseño no hay espacio suficiente para la instalación de una bomba de eje horizontal, o cuando no posea un tanque de almacenamiento de agua elevado sobre el suelo. Estas bombas tienen su eje de giro en posición vertical, sus rodetes se encuentran sumergidos en el líquido que aspiran, su motor impulsor está a un nivel superior al de la bomba. (p. 25).

Figura 4. Bomba de eje vertical



Fuente: [Fotografía de Rafael Vicente González Rosales]. (Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2020). Colección particular. Amatitlán

7.3.1.4. Bomba normada para sistemas contra incendio

Según National Fire Protection Association (2019) indica que la norma debe aplicarse a las bombas centrífugas de una o varias etapas, con diseño de eje horizontal o vertical y bombas con desplazamiento positivo con eje horizontal o vertical.

Figura 5. Placa de bomba normada



Fuente: [Fotografía de Rafael Vicente González Rosales]. (Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2020). Colección particular. Amatitlán

“Deben prepararse para su aprobación un plano completo e información detallada sobre la bomba, impulsor, controlador, suministro de energía, accesorios, conexiones de succión y descarga, y condiciones de almacenamiento de líquido” (National Fire Protection Association, 2019, p. 20).

“Las bombas cubiertas por esta norma de referencia deben diseñarse y construirse para una vida útil de 20 años (excepto partes susceptibles a cambiarse continuamente por mantenimiento) y para al menos 3 años de operación ininterrumpida” (PEMEX, 2008, p. 24).

7.4. Motor diésel

El motor diésel es más utilizado en la industria por su alta eficiencia, larga vida de operación, ahorro que se puede obtener en el uso de un combustible económico relativamente, y que los mismos operan con riesgo reducido de incendio. Los motores diésel son de uso obligatorio para el manejo de bombas donde no se tenga acceso a el uso de energía eléctrica o la misma sea poco fiable.

Entre una de las desventajas de la utilización de los motores diésel, es el costo elevado de inversión (OPS-COSUDE, 2007).

Figura 6. Motor diésel



Fuente: [Fotografía de Rafael Vicente González Rosales]. (Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2020). Colección particular. Amatitlán

7.4.1. Sistema de arranque y paro de motor diésel

Dentro de los sistemas contra incendios, tienen la opción de poner en marcha el motor diésel de varias maneras, una de ellas es a través del panel secundario o calibrador del motor.

En un sistema de protección contra incendios es importante la inclusión de tableros de control para el arranque y paro del motor diésel acoplado a la bomba del sistema, debido a que serán controladas para su arranque automático, pruebas o revisiones ocasionales. Todos los circuitos que suministren energía deberán ser dedicados al sistema de control, ubicados en la casa de bombas próxima a la bomba. (Sigcho, 2017, p. 64)

Los tableros de control podrán incluir indicadores de carga de baterías, señalizaciones de paro y arranque de motor, indicador de presión de aceite, temperatura del agua en el sistema de refrigeración, velocidad de rotación del sistema en rpm o tacómetro, horas de trabajo del motor por medio del horómetro (Sigcho, 2017).

Figura 7. Panel secundario



Fuente: [Fotografía de Rafael Vicente González Rosales]. (Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2020). Colección particular. Amatitlán

7.4.2. Sistema de enfriamiento

El sistema de refrigeración del motor diésel deberá incluirse como parte del montaje del motor acoplado a la bomba del sistema, y deberá ser de los siguientes tipos de circuito cerrado:

- Intercambiador de calor
- Un tipo de radiador

“Ambos incluirán una bomba impulsada por el motor, que deberá mantener una temperatura de 49 grados centígrados en la cámara de combustión” (National Fire Protection Association, 2019, p.67).

7.4.3. Acoplamiento a bombas centrífugas

Los motores de ejes horizontales deben estar provistos de un medio para la conexión directa de un adaptador de acople flexible, un adaptador de eje de conexión flexible, un eje corto o un acople de tipo de amortiguación de vibraciones torsionales con el volante del motor (National Fire Protection Association, 2019).

Este dispositivo permite desalineaciones angulares y paralelas menores, durante el funcionamiento las fuerzas resultantes hacen que se doblen los ejes y se dilaten, estos cambios son compensados por los acoplamientos flexibles, siempre estando restringidas por los fabricantes de bombas y acopladores. (Díaz, 2017, p. 20)

7.4.4. Sistema eléctrico

Como parte del controlador secundario de la bomba contra incendios el sistema eléctrico es importante para su operación. El sistema cuenta con un alternador de carga de baterías, interruptor de exceso de velocidad nominal al 120 % a través de un detector magnético montado sobre el volante del motor, conexión a los sensores de baja presión de aceite, alta temperatura del motor a los cuales se les tendrá que realizar diferentes pruebas o mantenimiento rutinario (Clarke, 2019).

7.4.5. Tanques de combustible para motor diésel

Los tanques para suministro del combustible deben ser dedicados para los sistemas contra incendios, los mismos deben tener la capacidad de almacenaje de 1 galón de combustible por cada hp del motor, más una capacidad del 5 % adicional. La instalación del tanque también debe prever la prevención de derrames por lo cual será necesario instalar diques de contención en caso de fuga (National Fire Protection Association, 2019).

Figura 8. Tanque de combustible diésel



Fuente: [Fotografía de Rafael Vicente González Rosales]. (Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2020). Colección particular. Amatitlán

El depósito o tanque de combustible para nuestro sistema siempre deberá permanecer como mínimo al nivel inferior del 67 % de su capacidad. Se recomienda mantener lleno para reducir la condensación al mínimo y drenar periódicamente para eliminar residuos de agua o sedimentos (Clarke, 2019).

7.5. Controladores de bombas

El controlador de una bomba diésel contra incendios está diseñado para que pueda operarlo en caso de un emergencia o siniestro. Está diseñado para un encapsulado que pueda protegerlo de la humedad o polvo existente al ser instalado en zonas abiertas.

Es capaz de enviar las señales de arranque y paro al motor diésel acuerdo a la señal que recibe del transmisor de presión, opera el sistema en automático, recibe la señal de funcionamiento del motor y no podrá parar en forma automática solo en forma manual (Ramírez, 2019).

7.5.1. Normalización de controlador

Los controladores de motores para las bombas contra incendio deben estar listados específicamente para tal servicio, dar las indicaciones de baja presión de aceite, temperatura elevada del motor, falla del motor al arrancar automáticamente, apagado del sistema por exceso de velocidad del motor, temperatura del agua de refrigeración alta y falla de cargadores de bancos de baterías.

Aunque no es la única manera de poder controlar el paro y arranque del motor, este podrá operar de una forma automática o manual, dependiendo la necesidad del usuario, inclusive podrá tener una prueba semanal automatizada

durante 30 segundos, tiempo en el cual el usuario determinará si hay fallas en funcionamiento para reportarlas (National Fire Protection Association, 2019).

7.6. Mantenimiento normado

Establece los requisitos mínimos para la inspección, prueba y mantenimiento periódicos de los sistemas hidráulicos de protección contra incendio y para las acciones que van a implementarán cuando se planifiquen o identifiquen cambios en la ocupación, uso, proceso, materiales, riesgos o suministro de agua que potencialmente tengan impacto en el desempeño del sistema hidráulico (National Fire Protection Association, 2017).

7.7. Tanques para suministro de agua

La National Fire Protection Association (2018) adoptó tanques de gravedad para el suministro de agua a partir 1900. Desde entonces, se han modificado constantemente para acoplarse a los cambios y exigencias de uso de la industria. Actualmente, este es un estándar utilizado para el diseño e instalación de los tanques de almacenamiento de agua.

7.7.1. Tanques de gravedad

“Los tanques elevados son colocados por encima de la cota a la que se hallan ubicados los sistemas contra incendio, esto permite emplear la energía potencial de reservorio para incrementar la presión disponible en el sistema de protección contra incendio” (Pozo, 2016, p. 15).

7.7.2. Tanques de succión

Este tipo de tanques sirven para el suministro de agua para la bomba contra incendio. Estos tanques se hacen necesario en la succión una placa que elimine los torbellinos.

Esta placa plana y paralela a la parte inferior del tanque tiene un orificio en la parte central y es por donde se conecta la tubería de succión para la bomba. La función principal de esta placa es la prevención de vórtices que puedan dañar el equipo de bombeo. (Pozo, 2016, p. 15)

7.8. Combustibles

Martín y Sala (2004) sugieren que al analizar un combustible se requiere del conocimiento de sus propiedades fisicoquímicas y de sus características físicas las cuales según los autores son.

Aquellas que afectan a su capacidad para formar una mezcla gaseosa de combustible y aire apropiada para el tipo de motor en el que se vaya a utilizar; también influyen en su almacenamiento, su transporte y sus criterios de venta. Las características químicas, en cambio, afectan a su capacidad y comportamiento durante la combustión y también a la seguridad durante el almacenamiento. (p. 11)

7.8.1. Combustible diésel

Las características de combustión de los combustibles diésel se expresan en número de cetano, la cual es una medida del retardo en el encendido. Es conveniente un retraso corto en el encendido, es decir, el período entre la

inyección y el encendido, para que el motor funcione de manera suave. Algunos combustibles tienen mejoradores de cetano. En la ASTM D975, se definen grados de combustibles diésel (Avallone y Baumeister III, 1995).

7.8.2. Combustible gasolina

La gasolina es una mezcla manufacturada que no ocurre naturalmente en el medio ambiente. La gasolina tal y como se ha visto en el punto anterior es producida de petróleo en el proceso de refinación. Es un líquido incoloro, pardo pálido o rosado, y es sumamente inflamable (Martín y Sala, 2004).

7.9. Planta de almacenamiento y suministros de combustibles

Dentro de la planta de almacenamiento de combustibles hay recipientes para el almacenamiento de líquidos inflamables de los siguientes tipos: tanques atmosféricos, tanques a baja presión, recipientes a presión. Los combustibles se almacenan en tanques verticales y tanques esféricos de acero con estándares de construcción API, ASME y ANSI, provistos de sistemas de venteo de acuerdo con el producto que almacenan. Para combustibles volátiles como gasolina se emplean tanques con sábanas y techos flotantes. Los tanques están pintados de color blanco y negro de acuerdo con el producto y riesgo expuesto de acuerdo con NFPA 704 (Chamochumbi, Torres, Rodas y Díaz, 2015, p 24).

7.10. Indicadores

Los indicadores son importantes para la investigación, ya que el fin de este trabajo es el mejorar sus valores. Entre los indicadores de mantenimiento hay

con una cantidad grande, sin embargo, se tomarán los más importantes según los requerimientos de la empresa (Cruz y Pérez, 2001).

Entre estos se encuentran:

- Disponibilidad total: sin duda alguna este es el indicador más importante de mantenimiento. Este nos muestra el porcentaje de tiempo que el equipo está disponible para operación. Su fórmula se muestra a continuación.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

- Tiempo medio entre fallas: permite conocer frecuencia de las fallas.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{No. de horas totales del periodo de tiempo utilizado}}{\text{No. de averías}}$$

- Tiempo medio de reparación: permite conocer la importancia de las averías a través de su tiempo de reparación.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{No. de horas por paro de avería}}{\text{No. de averías}}$$

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTADO DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Conceptos de mantenimiento

1.1.1. Tipos de mantenimiento

1.1.1.1. Mantenimiento preventivo

1.1.1.2. Mantenimiento correctivo

1.1.1.3. Mantenimiento predictivo

1.1.1.4. Mantenimiento alta disponibilidad

1.2. Plan de mantenimiento

1.2.1. Implementación de un plan de mantenimiento

1.2.2. Oportunidades y límites de un plan de mantenimiento.

1.3. Bombas hidráulicas

1.3.1. Tipos de bombas

1.3.2. Bomba centrífuga horizontal

1.3.3. Bomba de carcasa partida

1.3.4. Bomba de eje vertical

- 1.3.5. Bomba normada para sistema contra incendio
- 1.4. Motor diésel
 - 1.4.1. Sistema de arranque y paro de motor diésel
 - 1.4.2. Sistema de enfriamiento
 - 1.4.3. Acoplamientos de bombas centrífugas
 - 1.4.4. Sistema eléctrico
 - 1.4.5. Tanques de combustible para motor diésel
- 1.5. Controladores de bombas
 - 1.5.1. Normalización de controlador
- 1.6. Mantenimiento normado
- 1.7. Tanques para suministro de agua
 - 1.7.1. Tanques de gravedad
 - 1.7.2. Tanques de succión
- 1.8. Combustibles
 - 1.8.1. Combustible diésel
 - 1.8.2. Combustible gasolina
- 1.9. Planta de suministros de combustibles
- 1.10. Indicadores

2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICE

9. METODOLOGÍA

9.1. Ruta de investigación

La ruta planteada de investigación es mixta ya que se recopilará información tanto cualitativa a partir de la verificación de condiciones de los equipos, como cuantitativa al realizar mediciones los parámetros presión de trabajo, caudal de la bomba y revoluciones por minuto.

9.2. Alcance de investigación

El alcance de investigación es descriptivo. Tras la revisión documental, se generará un diseño de una metodología de mantenimiento para un sistema contra incendio húmedo de una planta de suministros de combustibles.

9.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación es no experimental. Se recopila información tanto de documentos del fabricante, experiencias de operadores y documentos de mantenimientos históricos.

9.4. Variables

Se realiza desglose de variables y su tabulación:

Tabla I. **Operativización de variables**

| No. | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | PARÁMETROS | PLAN DE TABULACIÓN |
|-----|---|---|---|
| 1 | Proponer mejoras a los planes de mantenimiento ya existentes para el sistema contra incendio húmedo para una planta de suministros de combustibles. | Variables dependientes -Tamaño de tuberías -Equipo instalado -Caudales requeridos -Rutinas, frecuencias e insumos de mantenimiento -Pruebas estandarizadas Variables independientes -Presión -Caudal -Revoluciones por minuto -Deterioro -Medio circundante -Normativas vigentes NFPA 20, NFPA 25. | *Tabla de reconocimiento- Anexo 2 *Tabla de medición - Anexo 3 |
| 2 | Establecer los parámetros adecuados que influyen en el funcionamiento del sistema contra incendio húmedo. | -Presión -Caudal -Revoluciones por minuto -Deterioro -Medio circundante -Altura de rociadores -Diámetros de tuberías -Tipos de bombas -Tipos de válvulas | *Cuadro comparativo - Anexo 4 |
| 3 | Identificar las tecnologías actualizadas que son aplicables para el monitoreo del estado de la condición de un sistema contra incendio húmedo. | -Medición de presión -Medición de caudal -Identificación de corrosión (origen y tipo) | *Tabla de cotejo *Procedimiento |

Fuente: elaboración propia.

9.5. Fases de investigación

- Fase 1. revisión documental.

Se realizará la revisión de bibliografía base para la elaboración del trabajo.

- Fase 2. reconocimiento de condición de operación.

Se realizará visita del área de trabajo para determinar las condiciones de operación de los equipos, mediante entrevistas con los operadores y elaboración de cuadros de inspección.

- Fase 3. investigación de parámetros de funcionamiento según fabricante.

Se realizará una investigación de los parámetros para el funcionamiento adecuado de los equipos, en los cuales se tomarán en cuenta la presión de trabajo, caudal de la bomba y revoluciones por minuto.

Estas mismas fases estarán en el cronograma y en el esquema de solución, así como las técnicas de análisis de información.

9.6. Población y muestra

La población de estudio donde se realizará el diseño de una metodología de mantenimiento para el sistema contra incendio de una planta de suministros de combustibles está ubicada en el área Zolic, Puerto Barrios.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para realizar las fases la investigación se utilizará distintas técnicas para el análisis de la información.

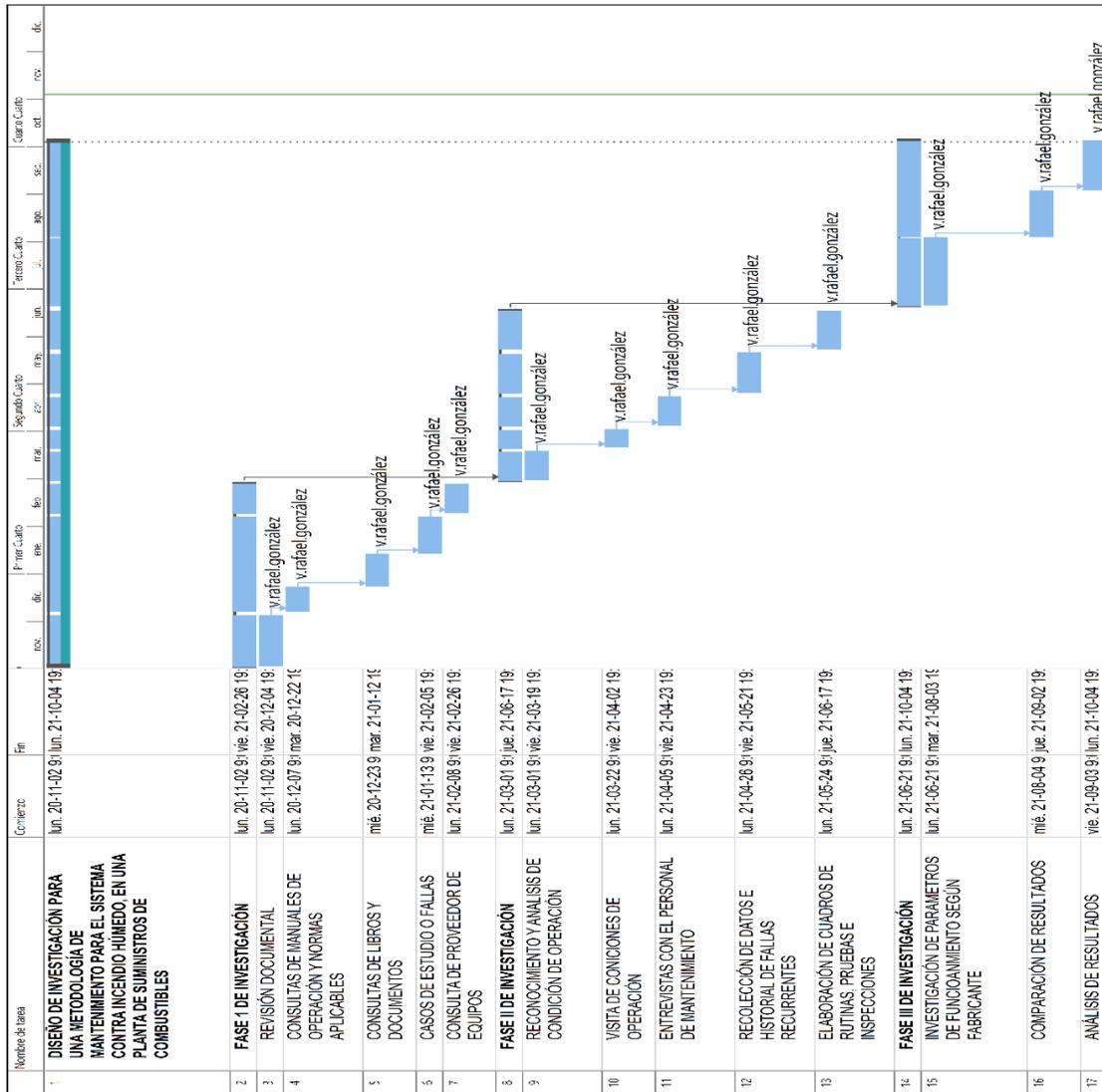
De la fase 1, se realizará una revisión documental incluyendo manuales de operación de fabricante, normas aplicables en el diseño de una metodología de mantenimiento, estudios similares e información de proveedores de equipo locales o internacionales. Posteriormente se procederá a la depuración de la información para la aplicabilidad del estudio. Por medio de visitas al lugar de trabajo, se recolectarán datos, historiales del sistema y entrevistas que se realizarán a los administradores y operarios del sistema.

En la fase 2 se elaborarán cuadros de rutinas, pruebas e inspecciones. Esta fase también se basará en enumerar puntos importantes que se logren obtener para la generación de tablas con datos sobre las fallas de la máquina, así como también su periodicidad y cómo afecta la disponibilidad del sistema. Esta información es igual de importante que la del fabricante e indicará el estado actual del equipo y cómo atender a sus necesidades.

En la fase 3, se tomarán los parámetros de funcionamiento de los equipos y, con esta información, se realizarán tablas de inspección que ayudarán a tener un mejor control del manejo de la máquina. Se compararán los resultados y se analizarán para su presentación.

11. CRONOGRAMA

Figura 9. Cronograma de ejecución



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Con cada una de las etapas que se han propuesto para el desarrollo del diseño de una metodología de mantenimiento del equipo crítico utilizado en la protección contra incendio de la planta de almacenamiento de combustibles, se concluye en que sí existe factibilidad para realizar la investigación y con los objetivos propuestos.

Se evaluarán entrevistas con el personal de mantenimiento, históricos de mantenimientos, manuales del fabricante, bitácoras de problemas y otros reportes involucrados. La disponibilidad de esta información se compartirá con la planta de almacenamiento de combustibles.

Para la realización de pruebas y otras distintas tareas de esta investigación se tendrá acceso al tiempo del personal de mantenimiento de la planta y del personal proveedor externo de repuestos e información del sistema contra incendio.

Otros gastos que implica la estadía, alimentación, transporte de equipo y materiales para pruebas serán financiados en parte por la planta donde se realizará la investigación. Los otros gastos serán cubiertos por el investigador.

A continuación, se realiza un detalle del presupuesto estimado para realizar la investigación.

Tabla II. **Presupuesto de la investigación**

| No. | Recurso | Descripción | Costo | Financiado |
|------------|----------------|-------------------------------|--------------|-------------------|
| 1 | Tecnológico | Laptop | Q 8,000.00 | Propio |
| 2 | Tecnológico | Compra de Normas | Q 7,500.00 | Empresa |
| 3 | Humano | Asesoría | Q 2,500.00 | Propio |
| 4 | Varios | Consumibles | Q 1,200.00 | Empresa |
| 5 | Varios | Vehículos | Q 5,390.00 | Empresa |
| 6 | Varios | Pago de laboratorio de aceite | Q 1,600.00 | Propio. |
| 7 | Varios | Combustibles | Q 1,800.00 | Empresa |
| 8 | Varios | Hospedaje | Q 3,200.00 | Empresa |
| 9 | Varios | Alimentación | Q 1,680.00 | Empresa |
| 10 | Tecnológico | Calibración de equipo | Q 1,350.00 | Empresa |
| 11 | Varios | Imprevistos | Q 800.00 | Propio |
| 12 | | Total | Q 35,020.00 | |

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

1. Avallone, E. y Baumeister III, T. (1995). *Manual del ingeniero mecanico*. Ciudad, México: McGraw-Hill.
2. Castillo, J. (2019). *Desarrollo de un plan de mantenimiento, basado en el modelo de gestipon de calidad tpm, con enfoque sistemático para equipos críticos dentro de una edificación y sus instalaciones* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
3. Chamocho, C., Torres, H., Rodas, H. y Díaz, O. (2015). *Propuesta de mejora del proceso de carga de combustibles liquidos en camiones cisterna en un terminal de almacenamiento de combustible* (Tesis de maestría). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú. Recuperado de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/601332/051215_Tesis_version_Lean.pdf?sequence=1&isAllowed=y
4. Clarke. (2019). *Operación y mantenimiento Manual de instrucciones*. Ciudad, Estados Unidos de América: Clarke Fire Protection Products, Inc.
5. Clemente, J. (2012). *Diseño de manual de mantenimiento y reconstrucción de bombas centrifugas y turbo-bomba*. Tuxtla, México; Instituto Tecnológico de Tuxtla: Recuperado de

<http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/1189>.

6. Cruz, E. y Pérez, E. (2001). *Sistema de cálculo de indicadores para el mantenimiento* (Tesis de maestría). Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba. Recuperado de <http://www.mantenimientomundial.com/notas/6calculo.pdf>.
7. De las Heras, S. (2011). *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas*. Madrid, España: Service Point.
8. Díaz, E. (2017). *Propuesta de una guía para mantenimiento de sistemas de bombeo contra incendio impulsados por motores de combustión interna* (tesis de xxx). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
9. García, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Ciudad, España: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
10. Gómez, F. (1998). *Tecnología de mantenimiento industrial*. Murcia, España: Universidad de Murcia.
11. Heras, S. (2011). *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas*. Ciudad, España: Service Point.
12. Martín, F. Y Sala, V. (2004). Estudio comparativo entre los combustibles tradicionales y las nuevas tecnologías energéticas para la propulsión de vehículos destinados al transporte. (tesis de xxx). Universidad Politécnica de Catalunya, España: Recuperado de

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3686/34305-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

13. Martínez, F. y Álvarez, S. (2019). Análisis de fallas recurrentes y propuesta de soluciones para el sistema de bombeo de agua. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 28(1), 1-9. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v28n1/2071-0054-rcta-28-01-e07.pdf>.
14. Mesa, D., Ortiz, Y. y Pinzón, M. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia et Technica*, 12(30), 155-160. Recuperado de <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6513>.
15. Molina, S. R. (2015). *Evaluación del nivel de riesgo y propuesta de un sistema contra incendios para tanques de almacenamiento de gas licuado de petróleo para minimizar el riesgo de incendio y explosión* (Tesis de maestría). Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador. Recuperada de <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/1384>.
16. Montaña, T. (2005). *Estudio del sistema de abasto de agua potable del hospital isidro ayora* (Tesis de maestría). Instituto Superior Minero Metalúrgico, Cuba. Recuperado de <http://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/3411>.

17. Moubray, J. (2004). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. Gran Bretaña: Industrial Press Inc.
18. National Fire Protection Association. (2017). *Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendio a Base de Agua*. Estados Unidos de America: Recuperado de: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=25>.
19. National Fire Protection Association. (2018). *Norma para Tanques de Agua para la protección contra Incendios Privada 22*. Estados Unidos de América: Autor. Recuperado de <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=22>.
20. National Fire Protection Association. (2019). *Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra Incendios 20*. Estados Unidos de América: Autor. Recuperado de <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=20>.
21. OPS-COSUDE. (2007). *Guía para la selección equipos de bombeo para sistemas abastecimiento de agua y saneamiento para el medio rural*. Perú: Autor. Recuperado de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44455653/guia_seleccion_equipos_bombeo_rural.pdf?1459907968=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEQUIPOS_DE_BOMBEO_PARA_SISTEMAS_DE_ABAST.pdf&Expires=1603770778&Signature=Le9ChZ0vHfIXwIIQy7.

22. Paz, A., Bonet, C. y Pérez, J. (2007). Diagnóstico técnico a motores diésel a partir de la aplicación de los análisis de aceites. *Transporte Desarrollo y Medio Ambiente* , 27(2-3), 57-60.
23. PEMEX. (2008). *NRF-050: Bombas centrifugas*. Mexico: Autor. Recuperado de <https://fdocuments.es/document/bombas-centrifugas-de-actualizar-la-norma-nrf-050-pemex-2001-y-armonizarla-con.html>.
24. PENTAIR. (13 de septiembre de 2013). Pentair Fairbanks Nijhuis NC Series Horizontal End Suction Pumps. [Mensaje de blog]. Recuperado de https://www.pentair.com/en/products/heating-cooling/pentair-fairbanks-nijhuis-commercial-hvac/n_horizontal_end_suction.html.
25. Pozo, E. (2016). *Diseño de tanques de almacenamiento de agua para sistemas contra incendio bajo norma nfpa 22 para la industria ecuatoriana* (Tesis de licenciatura). Escuela Politécnica Nacional, Ecuador: Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/15050/1/CD-6863.pdf>.
26. Prando, R. (1996). *Manual de gestión de Mantenimiento a la medida*. Guatemala: Piedra Santa, S.A. de C.V.

27. Puruncajas, D. (2019). *Diseño de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo para los equipos electromecánicos de la línea de fangos de la planta de tratamientos de aguas residuales de Ibarra* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica del Norte, Ecuador: Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9590/2/04%20MEL%20066%20TRABAJO%20GRADO.pdf>.
28. Ramírez, J. (2019). *Proyecto sistema de control de vapor y condensado grupos secadores número 1 y 4 máquina papelera forestal y papelera Concepción S.A.* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica Federico Santa María, Colombia: Recuperado de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/45984/3560901543831UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
29. Ruiz, O. J. (2016). *Sistemas hidráulicos de protección contra incendios Diseño, construcción, operación y mantenimiento* (Tesis de licenciatura). Universidad Católica de Colombia, Colombia. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1871/1/Sistema-hidr%C3%A1ulico-contra-incendios-UCat%C3%B3lica.pdf>.
30. Sacristán, F. (Agosto, 2014). Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo. *Técnica Industrial*, 308(1), 30-41. Recuperado de <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/98/3064/a3064.pdf>.

31. Santillan, C. (2017). *Programa de mantenimiento centrado en confiabilidad para bombas centrifugas horizontales warman 450 mcr en minera cerro corona* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Trujillo, Péru. Recuperado de <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9291/SANTILLAN%20ARMAS%2c%20CHRISTIAN%20PAUL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

32. Sigcho, C. (2017). *Elaboración de un manual de mantenimiento predictivo y preventivo para las bombas de un sistema de supresión de incendios de acuerdo a la Norma NFPA 25-2011*. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador: Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19577/1/CD-8973.pdf>.

14. APÉNDICE

Apéndice 1. Matriz de coherencia

| | |
|-------------------------|--|
| Título | Diseño de una metodología de mantenimiento para el sistema contra incendio húmedo de una planta de suministros de combustibles |
| Objetivo general | Diseñar la metodología de mantenimiento para el sistema contra incendio húmedo en una planta de suministros de combustibles. |
| Pregunta central | ¿qué labores incluyen la metodología de mantenimiento para el sistema contra incendio húmedo en una planta de suministros de combustibles? |

| No. | Objetivos específicos | Preguntas de investigación | Metodología |
|-----|---|---|---|
| 1 | Proponer mejoras a los planes de mantenimiento ya existentes para el sistema contra incendio húmedo para una planta de suministros de combustibles. | ¿Qué mejoras se pueden proponer a los planes de mantenimiento ya existentes para el sistema contra incendio húmedo? | *Visita de reconocimiento del sistema. *Reconocimiento del área: clima, medio circundante clave. *Medición de Presión con manómetros. *Medición de Caudal con medidor de flujo. *Medición de revoluciones por minuto con tacómetro digital. |
| 2 | Establecer los parámetros adecuados que influyen en el funcionamiento del sistema contra incendio húmedo. | ¿Cuáles son los parámetros adecuados que influyen en el funcionamiento del sistema contra incendio húmedo? | *Tabla de Cotejo. *Diagrama comparativo de parámetros (rango) |
| 3 | Identificar las tecnologías actualizadas que son aplicables para el monitoreo del estado de la condición de un sistema contra incendio húmedo. | ¿Qué tecnología es aplicable para el monitoreo del estado de la condición del sistema contra incendio húmedo? | *Procedimiento de inspección de Presión, caudal y corrosión en la bomba contra incendio |

Fuente: elaboración propia.

