



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE SUPRESIÓN  
CONTRA INCENDIOS CON TURBINA SUMERGIBLES ACCIONADA POR MOTOR DIESEL  
PARA UNA BODEGA DE MATERIAL DE EMPAQUE**

**Emanuel Figueroa Hernández**

Asesorado por el Dr. Dennis Salvador Argueta Mayorga

Guatemala, noviembre de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE SUPRESIÓN  
CONTRA INCENDIOS CON TURBINA SUMERGIBLES ACCIONADA POR MOTOR DIESEL  
PARA UNA BODEGA DE MATERIAL DE EMPAQUE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EMANUEL FIGUEROA HERNÁNDEZ**

ASESORADO POR EL DR. DENNIS SALVADOR ARGUETA MAYORGA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
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 Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alberto Navarro Fuentes
EXAMINADOR	Ing. Herbert Samuel Figueroa Avendaño
EXAMINADOR	Ing. Edgar Yanuario Laj
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 DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE SUPRESIÓN  
CONTRA INCENDIOS CON TURBINA SUMERGIBLES ACCIONADA POR MOTOR DIESEL  
PARA UNA BODEGA DE MATERIAL DE EMPAQUE**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 19 de julio de 2021.

**Emanuel Figueroa Hernández**



**EEPFI-PP-0317-2022**

Guatemala, 14 de enero de 2022

**Director**  
**Armando Alonso Rivera Carrillo**  
**Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica**  
**Presente.**

**Estimado Ing. Rivera**

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **ESTUDIO DE UN SISTEMA DE SUPRESIÓN CONTRA INCENDIOS CON TURBINA SUMERGIBLE ACCIONADA POR MOTOR DIESEL PARA UNA BODEGA DE MATERIAL DE EMPAQUE**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gerencia Estratégica - Ingeniería de proyectos**, presentado por el estudiante **Emanuel Figueroa Hernandez** carné número **201513649**, 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 ARTES en Gestion Industrial.

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,

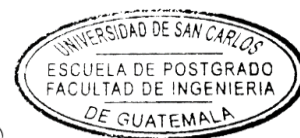
*"Id y Enseñad a Todos"*

*Dennis Salvador Argueta Mayorga*  
INGENIERO CIVIL  
MAESTRO EN INGENIERIA VIAL  
MAESTRO EN INGENIERIA SANITARIA  
DOCTOR EN CAMBIO CLIMATICO Y SOSTENIBILIDAD  
COLEGIADO 8297

Dr. Dennis Salvador Argueta Mayorga  
Asesor(a)

*Hugo Humberto Rivera Perez*

Mtro. Hugo Humberto Rivera Perez  
Coordinador(a) de Maestría



*Edgar Dario Alvaréz Cotí*

Mtro. Edgar Dario Alvaréz Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





EEP-EIME-0317-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria 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: **ESTUDIO DE UN SISTEMA DE SUPRESIÓN CONTRA INCENDIOS CON TURBINA SUMERGIBLE ACCIONADA POR MOTOR DIESEL PARA UNA BODEGA DE MATERIAL DE EMPAQUE**, presentado por el estudiante universitario **Emanuel Figueroa Hernandez**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS




Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo  
Director  
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, enero de 2022

LNG.DECANATO.OI.813.2022

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 Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE SUPRESIÓN CONTRA INCENDIOS CON TURBINA SUMERGIBLES ACCIONADA POR MOTOR DIESEL PARA UNA BODEGA DE MATERIAL DE EMPAQUE**, presentado por: **Emanuel Figueroa Hernández**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada ★

Decana

Guatemala, noviembre de 2022

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios y la Virgen**

Por guiar cada uno de mis pasos día con día y por brindarme la sabiduría para culminar satisfactoriamente mi carrera.

### **Opus Dei**

Por acercarme a Dios y la Virgen, además de complementar mi formación íntegra y espiritual.

### **Mis abuelitos**

Nila Soto y Pablo Hernández (q. e. p. d.) por dejar su huella marcada en mi corazón a siempre hacer el bien y cuidarme por sobre todas las cosas.

### **Mis padres**

María del Carmen Hernández y Edgar Leonel Figueroa por su incondicional apoyo y sacrificio realizado para alcanzar este triunfo.

### **Mi hermano**

Pablo Roberto Figueroa por ser ejemplo y guía en mi vida.

### **Mi tía y madrina**

Silvia del Rosario Hernández por brindarme su apoyo en todo momento.

### **Mis compañeros**

Rodrigo Puaque, Rolando Herrera, Pablo Ponce, Mario Lemus, Hugo Barrera, José Bonilla, Javier Lee, Andrés Tejada y Diego Aguilar por todo el apoyo y la alegría a lo largo de este camino.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

En especial a la Facultad de Ingeniería, por los conocimientos y formación brindada.

**Mis padres**

Por nunca dudar de mi capacidad y brindarme en todo momento su aliento. Que este logro sea una recompensa a todos sus esfuerzos.

**Mi hermano**

Por ser fuente de inspiración para lograr lo que se propone y por aconsejarme en todo momento.

**Mi tía y madrina**

Por brindarme el apoyo y aliento necesario para continuar con cada una de mis metas.

**Mis amigos**

Rodrigo Puaque, Rolando Herrera, Pablo Ponce, Mario Lemus, Hugo Barrera, José Bonilla, Javier Lee, Andrés Tejada y Diego Aguilar por haber sido parte de los buenos y malos momentos vividos dentro y fuera de los salones de estudio. No se desanimen nunca. Los llevo siempre conmigo.

**Familia Puaque**

Por abrirme siempre la puerta de su casa, sobre todo, por el cariño especial y el apoyo que me han brindado en todo momento.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
3.1 Descripción del problema .....	5
3.2 Formulación del problema .....	8
3.3 Delimitación del problema .....	9
4. JUSTIFICACIÓN .....	11
5. OBJETIVOS .....	13
5.1 General.....	13
5.2 Específicos .....	13
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	15
7. MARCO TEÓRICO.....	19
7.1. El fuego y su definición.....	19
7.1.1. Combustible.....	20
7.1.2. Comburente .....	20

7.1.3.	Energía de activación .....	20
7.2.	Tipos de fuego.....	22
7.2.1.	Clase A.....	22
7.2.2.	Clase B.....	22
7.2.3.	Clase C.....	22
7.2.4.	Clase D.....	23
7.2.5.	Clase K.....	23
7.3.	Soluciones de extinción.....	23
7.3.1.	Extinción por remoción de combustible .....	24
7.3.2.	Extinción por remoción de oxígeno .....	24
7.3.3.	Extinción por remoción de calor .....	24
7.3.3.1	Agua .....	25
7.3.3.2	CO <sub>2</sub> .....	25
7.3.3.3	Polvo químico y seco.....	25
7.3.3.4	La espuma y el agua .....	26
7.4.	Aspectos que se consideran para un diseño de SCI.....	26
7.5.	Conjunto de códigos y normas para un SCI .....	27
7.6.	Teoría del riesgo .....	28
7.6.1.	Riesgo de incendio.....	28
7.6.2.	Clasificación de riesgo.....	29
7.7.	Clasificación por tipo de producto almacenado .....	29
7.8.	Sistemas contra incendios .....	32
7.8.1.	Sistema contra incendios y de detección de incendios tipo convencional.....	32
7.8.2.	Sistema contra incendio y de detección con alarma .....	33
7.8.3.	Sistema contra incendio y de detención de rociadores automáticos .....	33
7.8.4.	Sistema con Hidrantes .....	33

7.8.5.	Sistema con extintores .....	33
7.9.	Sistemas de agua.....	34
7.9.1.	Red de agua .....	34
7.9.2.	Fuente de agua.....	35
7.9.3.	Tuberías .....	35
7.9.4.	Sistemas de Bombeo.....	35
7.9.5.	Tipos de bombas .....	35
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	37
9.	METODOLOGÍA.....	39
9.1.	Enfoque .....	39
9.2.	Unidades .....	40
9.3.	Variables.....	40
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	46
11.	CRONOGRAMA.....	48
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	50
13.	REFERENCIAS.....	52



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Esquema de solución .....	7
2. Triángulo del fuego.....	21
3. Tetraedro del fuego .....	21
4. Almacenamiento clase 1 .....	30
5. Almacenamiento clase 2 .....	31
6. Almacenamiento clase 3 .....	31
7. Almacenamiento clase 4 .....	32
8. Sistema contra incendios .....	34
9. Cronograma de ejecución .....	48

### TABLAS

I. Definición teórica y operativa de variables .....	40
II. Presupuesto .....	50



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Q	Quetzales





## **GLOSARIO**

### **Accidente**

Es todo aquel suceso que se produce de una manera inesperada, es decir que no se prevé de forma anticipada y puede provocar daños leves o severos a la salud integra de una persona o de un bien común.

### **Caudal**

Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección de un ducto, ya sea tubería, cañería, oleoducto, río, canal, por unidad de tiempo. Generalmente, el caudal se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área determinada en una unidad de tiempo específica.

### **Combustión**

Comisión Al proceso en el cual se quema dos o más sustancias, se le llama combustión, estas sustancias pueden encontrarse en estado sólido, líquido o gaseoso.

### **Extintor**

Es un aparato que contiene un agente extintor del fuego, el cual puede ser proyectado y dirigido sobre fuego por la acción de una presión interna, destinado a sofocar un fuego incipiente o controlado hasta la llegada de personal especializado.

**Fuego**

Es posiblemente la reacción de combustión más conocida en el mundo de las ciencias, la cual, tiene la capacidad de emitir luz y calor, siendo el resultado de oxidación acelerada.

**Incendio**

Se le denomina incendio a toda aquella ignición que se ocasiona de forma no deseada y controlada, se debe muchas veces al mal uso de sustancias químicas o materiales de combustibles.

**Mantenimiento Correctivo**

Se entiende como mantenimiento correctivo a todo aquel mantenimiento que se da sin previo aviso, es decir que la máquina falle por falta de un mantenimiento regulado; la probabilidad que no existan repuestos para este tipo de mantenimiento y provoque paros en las organizaciones inesperados y duraderos.

**Mantenimiento Preventivo**

Se define como mantenimiento preventivo a todo aquel mantenimiento sistematizado, programado y calendarizado con previo tiempo, con el fin de alargar la vida útil de la máquina y ahorrarse costos en las reparaciones correctivas.

<b>Materia Prima</b>	Es toda aquella materia (usualmente en estado virgen) que se transforma o modifica para un bien de consumo.
<b>Normas NFPA</b>	Las normas <i>National Fire Protection Association</i> -NFPA-, es una organización que crea normativas y códigos de seguridad para todo tipo de incendio.
<b>Presión</b>	Es una magnitud física que permite expresar la cantidad de fuerza que ejerce un cuerpo sobre la unidad de superficie.
<b>Procesos Productivos</b>	Es todo aquel proceso planificado por cada área dentro de una organización, el cual permite cumplir un proceso de manera efectiva.
<b>Protección</b>	Es la prevención o cierto cuidado preventivo a cualquier accidente que pueda ocurrir.
<b>SCI</b>	Sistema contra incendio
<b>Sistema de Supresión contra incendios</b>	Es todo aquel sistema, que brinda de forma automática la ayuda necesaria para detener un incendio en los primeros minutos; protegiendo de manera segura zonas de alto riesgo.
<b>SST</b>	Salud y Seguridad del Trabajador

**Tubería**

Es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos, sirven para transportar materiales que, si bien no son propiamente un fluido, se adecuan a este sistema: como lo son aceites, gas, vapor, etcétera.

**Turbina**

Es un dispositivo que genera potencia mecánica en rotación a partir de la energía de una corriente de fluido. Esa energía, que originalmente es de carga o presión, se convierte en energía de velocidad al pasar por un sistema de aspas estacionarios y movibles en la turbina.

# **1. INTRODUCCIÓN**

Las bombas de sistemas contra incendios se utilizan para incrementar la presión del agua requerida, lo importante de la implementación de éstas en la industria, es que permiten resguardar por completo la seguridad, bienestar y la integridad de cada uno de los colaboradores de la organización.

Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos, existe un tema que les sigue preocupando a las organizaciones, gobierno e instituciones, y es que, persisten las fallas en muchos sistemas de seguridad y salud en el trabajo (SST), siendo esta, un área compleja que busca resguardar y proteger la salud del trabajador; así como, las condiciones de las instalaciones, equipos y materia prima.

Siguiendo la línea de la salud en el trabajo, es básicamente el conjunto de medidas que, al ser implementadas en los procesos productivos tanto en la maquinaria y hasta en los hábitos de los trabajadores, que permite prevenir y evitar los accidentes de trabajo.

Por otro lado, los incendios representan un alto porcentaje de las situaciones que tienen consecuencias devastadoras, en cuanto a accidentes que afectan la seguridad y salud en el trabajo (SST), siendo el incendio cualquier fenómeno químico de combustión resultado de la mezcla de oxígeno del aire, con sustancias carbonosas combustibles bajo el calor.

Y la solución para esto, es que se requieren cada vez más o se exige a nivel internacional sistemas adecuados para la protección y resguardo de las

instalaciones, colaboradores y equipo. La correcta protección contra incendios es el conjunto de medidas que se implementan en los edificios, con el fin de protegerlos contra la acción del fuego, teniendo tres fundamentos importantes, salvar vidas, minimizar pérdidas y lograr la continuidad de las operaciones de la edificación.

Por la razones y explicaciones anteriormente mencionadas, se plantea el siguiente estudio, que se realizará en una bodega de empaque con materia prima altamente inflamable, en Zacapa, Guatemala; en el cual se desea implementar un Sistema Contra Incendios (SCI) bajo la Norma NFPA 20, el cual garantiza bajo los lineamientos de la Norma; no dejar áreas con susceptibilidad de ocurrencia de accidentes e incendios.

Así mismo, para el correcto funcionamiento del Sistema Contra Incendios (SCI), la Norma NFPA 20, exige la constante revisión preventiva del equipo SCI; como también, la periódica capacitación a los colaboradores a cargo para su correcto actuar ante un momento de incendio y peligro.

## **2. ANTECEDENTES**

Según Publinews (2019)

Hubo un incendio que arrasó con sus instalaciones de la colonia La Escuadrilla, zona 2 de Mixco, y que dejó cinco heridos este sábado 12 de octubre. La compañía resaltó que no hubo pérdidas humanas y sus colaboradores se encuentran bien, gracias a la aplicación de protocolos de evacuación ante emergencias.

Guatevisión (2017), menciona que la empresa Ecoplast era una recicladora de plástico que tenía un impacto positivo en el medio ambiente, esta fue consumida por completo debido a un incendio de gran magnitud. Desafortunadamente, junto con la planta, se perdieron más de 25 empleos de personas que laboraban en el lugar. La planta de Ecoplast contaba con cuatro áreas, que fueron destruidas en su totalidad: Bodega, Oficinas, Planta de Producción y Embalaje. Esta compañía estuvo cerca del basurero de la zona 3 durante 12 años.

Según la radio Stereo 100 (2021), hubo un incendio en una fábrica de camas en el cantón Choquí, zona 6 de Quetzaltenango, ruta hacia la aldea San José Chiquilajá. Izás, R. (2021) menciona que “es lamentable este tipo de hechos, porque es una empresa que genera trabajo para mucha gente y tienen invertida una cantidad considerable de dinero.” Debido a esto es importante que las empresas trabajen en un plan de seguridad industrial, para prevenir que los incendios acaben con todo.



El caso de estudio sobre la implementación de un sistema contra incendio en una bodega de material de empaque la cual está ubicada en Zacapa, Guatemala, tiene como primera finalidad realizar los empaques para sus clientes, para llegar a este producto, se ve obligado a utilizar diferentes fuentes de energía y materia prima altamente riesgosos para cualquier tipo de incendio. El tipo de incendio que puede llegar a generarse dentro de esta bodega puede llegar a ser totalmente grave y fatal para la Industria; pues, aunque cuente con un plan de riesgo, un incendio dentro de esta bodega puede ser fatal.

Por esto, la bodega debe de contar con un sistema de supresión contra incendios, sea capaz de combatir cualquier emergencia. Dentro de los riesgos que se pueden encontrar en esta bodega están:

- Calderas
- Almacenamiento de materia prima
- Hornos y moldes de producción
- Cuarto de merma
- etc.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### Contexto general

Alrededor del mundo, como en Guatemala, la necesidad de sistemas de seguridad contra incendios es sumamente indispensable, especialmente por las consecuencias negativas que dejan los accidentes ocasionados por un incendio.

Así mismo, en Guatemala, al momento de iniciar una obra nueva para la industria o bien la organización, desea ser certificada a nivel internacional o desea asegurar su bien, puede registrarse por varias normas de aplicación debido a que no existe una ley en Guatemala que rijan la obligación de utilizar una en específico; sin embargo, lo recomendado es utilizar las normas americanas NFPA, que son las que se ajustan al entorno y son reconocidas para su aplicación.

#### **3.1 Descripción del problema**

Este trabajo pretende analizar la implementación de un sistema de supresión contra incendios, con turbina sumergible accionada por un motor Diesel, para una bodega de material de empaque ubicada en Zacapa, Guatemala; el cual se regirá por la Norma NFPA 20.

El uso de la Norma NFPA 20 podrá abarcar el dimensionamiento, selección y cálculo del diseño de tuberías, presión y caudal necesario para un correcto funcionamiento de la bomba a la hora de ser accionada. También, se definirá la

selección de válvulas, el dimensionamiento para los rociadores automáticos y el volumen aplicado del tanque de almacenamiento.

La NFPA es reconocida a nivel internacional y referenciada en la Reglamentación nacional. El conjunto de normas NFPA, es considerado como una fuente autorizada de datos técnicos y recomendaciones para el campo de prevención, protección y control del fuego.

Según el reglamento nacional, la bodega de empaque debe contar con un tanque de almacenamiento de agua propio. En caso se dé un siniestro, el departamento de bomberos pueda tener la cantidad suficiente de agua y de esta forma poder atacar las primeras etapas del fuego, que es cuando se puede manejar a tiempo la situación y a su vez poder extinguirlo.

Puede que el agua de la red pública no sea suficiente para el abastecimiento de agua o para la extinción del incendio, por lo que el agua tiene que ser almacenada en un lugar seguro como un tanque o una cisterna.

Figura 1. **ESQUEMA DE SOLUCIÓN**



Fuente: elaboración propia por medio de Microsoft Project para Office 365

### 3.2 Formulación del problema

A medida que el desarrollo de la tecnología avanza, comienzan a existir facilidades para resguardar la integridad física de los colaboradores, de una empresa como primera instancia y segundo del resguardo material, que puede representar una pérdida mayor económicamente hablando para la empresa, para lo cual ahora existen soluciones, llamadas sistemas contra incendios, las cuales al momento de existir un imprevisto como el incendio, el sistema es capaz de ser accionado automáticamente según su tipo, que puede prevenir cualquier pérdida.

- Pregunta central

¿Cómo implementar un sistema de supresión contra incendios con turbina sumergible accionada por motor Diesel para una bodega de material de empaque?

- Preguntas auxiliares
  - ¿Qué es un sistema de supresión?
  - ¿Qué es una turbina?
  - ¿Qué tipo de turbinas existen?
  - ¿Bajo qué criterio trabajan las turbinas?
  - ¿Qué es un motor Diesel?
  - ¿Qué es una bodega de empaque?
  - ¿Qué riesgos existen dentro de una bodega de empaque?
  - ¿Qué estrategia de seguridad industrial se debe implementar dentro de una bodega de empaque?

### **3.3 Delimitación del problema**

A medida del tiempo, es importante no solo estandarizar las zonas industriales dentro del casco urbano de Guatemala, si no también, es importante proteger la seguridad e integridad de todas las personas y bienes mediante un sistema contra incendios, en este caso accionado por un motor Diesel, para lo cual, este trabajo se basa en la implementación de un SCI normado bajo la NFPA20 en una bodega de empaque ubicada en Zacapa, Guatemala.

- Área de investigación

Sistemas contra incendios normados bajo la NFPA 20, capaces de suministrar el correcto abastecimiento de agua en caso de un incendio en una bodega de empaque en Zacapa, Guatemala.

- Línea de investigación

Sistemas Contra Incendios

- Delimitación espacial

Zona rural, Zacapa, Guatemala.



## **4. JUSTIFICACIÓN**

El presente estudio sobre esta implementación de un Sistema Contra Incendios (SCI), bajo la norma NFPA 20, tendrá un gran significado dentro de la empresa de empaque, pues presentará una gran importancia para la seguridad, salud e integridad de cada uno de sus colaboradores.

Es importante mencionar que el estudio permitirá implementar un SCI, tomando como referencia las normas NFPA, que será aplicado dentro de la bodega en Zacapa, Guatemala, generando en la empresa un valor agregado, en la seguridad y salud de los trabajadores. Esto, como se ha visto en las empresas que anteriormente han utilizado este tipo de SCI normados, incrementa de forma positiva en la productividad, visto que reduce las paradas imprevistas en los sistemas productivos.

Este estudio implica una inversión alta, sin embargo, es importante destacar que esto redundará en mejoras, que a la vez representarán una disminución de costo, toda vez que un incendio o incidente, produce siempre daños materiales y afectación a las personas; por lo que, al reducirse la ocurrencia de eventos no deseados, se podrá incidir en una reducción de pérdidas materiales; así como, la minimización de horas de trabajo pérdidas, daños a equipos y maquinaria, siendo de esta forma un punto a resaltar sobre esta implementación.

Por último, dará unas mejoras en el ambiente laboral, atenuando el estrés laboral y las condiciones extremas del trabajo o manejo de materia altamente inflamable.





## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 General**

Implementar el sistema de supresión contra incendios con turbina sumergible accionada por motor Diesel para bodega de material de empaque ubicada en Zacapa, Guatemala.

### **5.2 Específicos**

- Implementar el sistema de supresión contra incendio.
- Definir los elementos necesarios para conformar el sistema contra incendio.
- Establecer el buen manejo y funcionamiento del sistema completo a los operarios a cargo.
- Realizar un cronograma de mantenimientos preventivo.



## **6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

La prioridad por cubrir con este trabajo de investigación es evitar considerablemente un daño irreparable dentro de la empresa de empaque, provocado por un posible incendio de gran escala. Aumentando así la confianza en los colaboradores de la empresa y resguardando su integridad como salud física.

Dentro de los peligros que pueden ocasionar el inicio de un incendio, se encuentran desde malas prácticas de manufactura, malos hábitos dentro de la empresa, mala regulación de seguridad industrial, equipos en mal estado, falta de mantenimiento preventivo en la maquinaria, mal manejo de químicos; por ende, es de suma importancia analizar cada una de las etapas de proceso, en donde se encuentran los peligros anteriormente mencionados.

Actualmente dentro de las industrias de Guatemala, el plan de seguridad industrial contra los incendios, dentro de las organizaciones es sumamente escaso, poco atendido y muchas veces el menos importante para las mismas organizaciones; sin embargo, este tema cada vez toma más fuerza y comienza a ser obligatorio, para cumplir con la mayoría de las certificaciones mundiales que desean tener; además, para todas las aseguradoras, es un requisito contar con un Sistema Contra Incendio (SCI), el cual cumpla con ciertas medidas para poder ser tomado en cuenta.

Así mismo, se pueden encontrar Sistemas Contra Incendios certificados bajo la norma NFPA, o bien, Sistemas NO normados, los cuales se encuentran a un menor costo, comparado con la de un sistema normado, la diferencia puede

ser mínima; sin embargo, los sistemas normados cuentan con estándares que cumplen con las certificaciones y normas a nivel mundial, los cuales cubren con garantías del fabricante. En este trabajo, se investigará un Sistema Contra Incendios normado.

Para el desarrollo de esta implementación, de un Sistema Contra Incendios con turbina sumergible para una bodega de material de empaque, se tienen bases fundamentales: como antecedentes y planes de seguridad industrial, que servirán como herramienta, para poder llevar a cabo el desarrollo de esta investigación.

Por ello, esta implementación se desarrollará en las siguientes fases:

Fase 1: Revisión de zona perimetral: En esta fase, se debe de revisar la zona perimetral de la bodega, toda el área externa e interna. Asegurándose de todos los detalles para hacer un buen análisis de implementación. Tiempo estimado de realización: 10 días.

Fase 2: Analizar la producción de la bodega: En esta parte se determinará todo el desarrollo de la producción de esta bodega y determinar las siguientes fases importantes. Tiempo estimado de realización: 10 días

Fase 3: Producto: En esta fase se examinarán todas las fases que lleve el producto inicial hasta el final, con el fin de poder establecer los peligros que se encuentran en la realización final del producto. Tiempo estimado de realización: 10 días.

Fase 4: Diagnóstico de zonas y materiales peligrosos: Fase importante para definir todas las zonas de riesgo dentro de la bodega, como también el de los materiales altamente combustibles. Tiempo estimado de realización: 20 días.

Fase 5: Diagnóstico de abastecimiento de agua: En esta etapa, se debe de definir una demanda importante para la implementación del SCI y que cumpla con los requisitos necesarios. Tiempo estimado de realización: 10 días.

Fase 6: Diagnóstico de requisitos para la implementación del SCI: Etapa en donde se debe de diagnosticar si el área cumple con las demandas solicitadas por la norma NFPA 20. Tiempo estimado de realización: 15 días.

Fase 7: Definir el tipo de SCI: Fase que definirá el tipo de SCI que se utilizará en la bodega de empaque. Tiempo estimado de realización: 10 días.

Fase 8: Definir la zona para la implementación del SCI: Una vez se tenga definido el SCI que se utilizará y las zonas de riesgo en la empresa, como el abastecimiento del agua, se define la zona en donde se encontrará el SCI. Tiempo estimado de realización 10 días.

Fase 9: Implementación del SCI: Fase en donde se implementará el estudio del SCI. Tiempo estimado de realización: 21 días.

Fase 10: Entrega de SCI y del Manual de mantenimiento preventivo: Fase final donde se podrá entregar el SCI, junto con su respectivo manual de mantenimiento preventivo. Tiempo estimado de realización. 3 días.

Total de tiempo estimado para realización total del estudio: 109 días.



## **7. MARCO TEÓRICO**

Dentro del marco teórico se explicará de forma clara y concisa la pregunta central de investigación; así como también, los objetivos generales y específicos propuestos para el contexto que serán descritos en esta investigación. Por lo que, dentro de los diferentes temas a ser tomados en cuenta en este marco teórico, están los siguientes: El fuego y sus definiciones, los incendios y sus clasificaciones, equipos básicos y obligatorios para el correcto diseño e instalación de un SCI, las bombas de agua y sus clasificaciones, y el funcionamiento general del conjunto de sistemas.

Se pretende ofrecer una serie de conceptos básicos dentro de la investigación, vinculados con los objetivos para poder interpretar de forma adecuada las conclusiones del proyecto.

### **7.1. El fuego y su definición**

Según Bayon (1978) “El fuego es una combustión viva que se manifiesta mediante llamas, emisión de humos y gases, y desprendimiento de calor.” (p.17), éste se puede definir como la reacción química que se da en el proceso de combustión, la cual ha sido clave y de vital importancia para la vida y para la resolución de problemas del hombre, pues tiene varias funcionalidades como calentar, cocinar, alumbrar y también se le encuentra la funcionalidad en los procesos industriales de las fábricas de cualquier producto.

Es importante, al momento de utilizar o de hacer uso del fuego, tener el dominio total sobre él, pues sin ello, es probable experimentar un suceso no



deseado y devastador, consiguiendo así un incendio que no solamente lastime nuestra integridad física, si no que la de la vida ajena; como también la pérdida parcial o total de cualquier edificación o propiedad.

Para poder producir fuego, se requieren tres elementos esenciales, el combustible, comburente y la energía de activación.

#### **7.1.1. Combustible**

Se le conoce como combustible, a toda aquella sustancia que tenga la facilidad dentro de su constitución material a ser quemada. Esta sustancia altamente inflamable se puede encontrar en cualquiera de los tres estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso). Estos generan energía en forma de calor creando una combustión que hace que se genere el fuego.

#### **7.1.2. Comburente**

El comburente es un oxidante que ayuda al proceso de oxidación del combustible. Para entender de una mejor manera, el comburente es realmente el aire que día a día se puede respirar, es decir que está en todo lugar y momento, tratándose de algo realmente imposible de controlar.

#### **7.1.3. Energía de activación**

Esta energía es la que necesita cualquier sistema para poder iniciar con su debido proceso. Esta energía es la primera etapa o paso en término de calor que se puede aplicar a la combustión, en diferentes medios se le conoce como la energía necesaria para la etapa inicial de la chispa que genera un fósforo o roce

de dos cuerpos. Dentro de este tipo de energía, existe la energía térmica, energía química, energía mecánica y energía eléctrica.

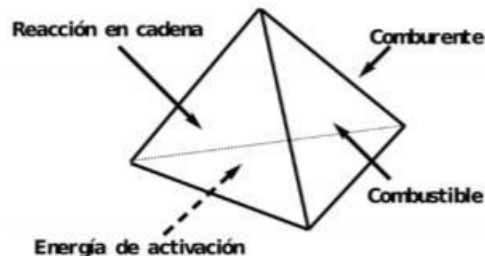
Figura 2. **Triángulo del fuego**



Fuente: Hervás (2022) *Triángulo y Tetraedro de fuego*.

Estos tres elementos con sus proporciones adecuadas son fundamentales para generar el fuego, es indispensable contar con estos para producirlo y mantenerlo. La reacción en cadena que se debe generar para poder producirlo se basa en combinar el combustible con el oxígeno, generando calor y a partir de este calor se da la energía de activación.

Figura 3. **Tetraedro del fuego**



Fuente: Hervás (2022) *Triángulo y Tetraedro de fuego*.

## **7.2. Tipos de fuego**

Conocer los tipos de fuego que existen, le brindan al usuario la oportunidad en su mayoría de veces, de saber el por qué y cómo se pudo haber generado el fuego, lo cual es importante para posteriormente tomar el control y poder extinguirlo.

### **7.2.1. Clase A**

Según Pérez (2021), la clasificación de fuego tipo A es producido por materiales combustibles sólidos o también orgánicos como madera, papel y plástico, usualmente son los elementos que se utilizan para hacer una hoguera. Para poder prevenirlo es indispensable evitar el elemento del calor y se puede apagar con polvo o agua, además pueden utilizarse químicos secos de las clases B y C.

### **7.2.2. Clase B**

Este tipo de fuego se produce por sólidos o líquidos y gases inflamables, tales como la gasolina y el alcohol, para poder apagarlos se utiliza polvo o bien químicos secos tales como: espuma, agentes limpios, dióxido de carbono y agua pulverizada. (Pérez, 2021)

### **7.2.3. Clase C**

Según Pérez (2021), este tipo de fuego es producido por la combustión de gases con los equipos eléctricos; para apagarlo es fundamental utilizar agentes no conductores como químicos secos o polvo. Si se utilizan agentes conductores, puede llegar a causar descargas eléctricas en quien esté operando el extinguidor

y causar severos daños en equipos eléctricos o bien a su persona. Este fuego se diferencia de los demás debido a la rapidez con la que se propaga.

#### **7.2.4. Clase D**

El origen del fuego clase D se produce por la combustión de materiales metálicos o polvo de material inflamable como el magnesio, titanio, circonio y sodio. Para apagar esta clase de fuego es indispensable un extintor de polvo especial debido a que provoca una reacción muy fuerte a otros agentes de extinción común ya que pueden reaccionar con los metales e incrementar la intensidad del fuego. (Pérez, 2021)

#### **7.2.5. Clase K**

El tipo de fuego clase K es producido por en los aparatos de cocción en las cocinas, ya que implican un nivel de combustible medio (aceites vegetales o animales y grasas). Se requiere que el fuego en la freidora este completamente apagado o extinguido prohibiendo el encendido de este por un tiempo mínimo de 20 minutos o hasta que la temperatura decrezca al menos hasta 60°F (16°C). (Pérez, 2021)

Para poder combatirlo se debe utilizar agua con ciertos componentes que ayudarán a eliminarlo.

### **7.3. Soluciones de extinción**

Para que se dé una llama se necesita de combustible, comburente, energía, por lo que con la unión o activación de ellos tres enlazados puede llegar a

producir un incendio o fuego no controlado. Si se llega a eliminar uno de estos elementos se extingue el fuego y se logra combatirlo

Existen tres soluciones de extinción los cuales son:

#### **7.3.1. Extinción por remoción de combustible**

Esto se consigue gracias a la acción de un agente refrigerante siendo el más común de ellos el agua; el agua se puede aplicar en un chorro sólido a manera de un fino espray o mezclada con espuma. (Previnsa, 2018)

#### **7.3.2. Extinción por remoción de oxígeno**

El oxígeno es un elemento fundamental para que se dé la combustión que genera un incendio. Se debe eliminar la entrada de oxígeno a las instalaciones para que no se expanda el fuego y se pueda combatir e ir disminuyendo conforme el aire se acaba. Este puede ser retirado al cubrirse con productos químicos o mecánicos que eliminan el aire. (Previnsa, 2018)

#### **7.3.3. Extinción por remoción de calor**

Para que exista el fuego debe existir un combustible que active las llamas. Si se elimina el combustible se extingue el fuego, ya que el ambiente carecerá del elemento que lo alimentaba. Se recomienda conocer el funcionamiento de las válvulas en las empresas para poder proceder a su cierre con rapidez y no seguir alimentando el fuego. (Previnsa, 2018)

Dentro de la clasificación de agentes más útiles para la extinción total del fuego, encontramos:

#### **7.3.3.1 Agua**

El agua es el agente extintor más conocido, tiene gran capacidad de absorber el calor. (Previnsa, 2018)

Se caracteriza por extinguir de forma segura y rápida y es el más utilizado debido a su abundancia y disponibilidad para acceder a ella.

#### **7.3.3.2 CO<sub>2</sub>**

El dióxido de carbono es un agente extinguidor gaseoso, más denso que el aire, no es combustible y no reacciona con otros químicos por lo que puede utilizarse para combatir incendios. (Previnsa, 2018)

#### **7.3.3.3 Polvo químico y seco**

Se lo conoce como una mezcla de compuestos en forma de polvo químico fino entre los cuales se encuentran los siguientes: bicarbonato sódico, bicarbonato potásico, bicarbonato urea-potásico y fosfato monoamónico. (Previnsa, 2018)

Estos químicos no son tóxicos, y al entrar en contacto o en la órbita con los químicos que producen el fuego se apaga de forma inmediata ya que asfixia el fuego, teniendo gran capacidad de enfriar el combustible y apagándolo.

#### **7.3.3.4 La espuma y el agua**

La acción de la espuma se radica en la sofocación del fuego formando un tapiz que logra la separación combustible-oxígeno. (Previnsa, 2018)

Dentro de las ventajas más importantes que se pueden encontrar en estos productos, es que no es dañino y tóxico, teniendo la facilidad de poder cubrir zonas grandes y extensas, y dentro de las principales desventajas, que no se recomienda ni se aconseja utilizarlo en fuegos de origen eléctricos. Este extintor se utiliza más en las cocinas ya que de esta forma se combate con mayor eficacia los incendios provocados por aceites. Por otro lado, es de fácil limpieza y no existe riesgo de corrosión en los equipos.

#### **7.4. Aspectos que se consideran para un diseño de SCI**

Dentro del conjunto de aspectos básicos y necesarios que se toman en consideración para un Sistema de Detención de incendios se pueden encontrar una gama de dispositivos que cumplan con la tarea deseada, que no importando si trabajan de una forma individual o en conjunto con alguna otra, y que ayuden de forma ideal a prevenir, controlar en todo momento o extinguir un incendio sea cual sea su etapa de desarrollo.

En todo tipo de edificación doméstica, comercial o industrial, los sistemas de detención de incendios es necesario considerar y que son de vital importancia para el diseño de un SCI, debido a que la seguridad y confianza laboral de las personas que se desenvuelven en las diferentes áreas de maquinaria y equipos que se localicen, son parte de un funcionamiento adecuado el sistema.

Dentro de los aspectos básicos y comunes del diseño de SCI, se pueden encontrar varias y diferentes tipos de alarmas que conforman un conjunto, que servirán para indicar al personal y lugar sobre algún incendio, detección de fuego, y de extinción que están comprendidos de equipos de bombeo que serán los encargados de suministrar el caudal necesario para su abastecimiento, también su tanque de almacenamiento, el cual ayudará a mantener en todo momento el agua necesaria, sensores de acción, sistemas de red tuberías cerradas para mantener la presión adecuada y sus accesorios respectivos, paneles estadísticos de caudal y monitoreo de la presión, los cuales deben regirse para su diseño por guías y recomendaciones de seguridad y protección.

#### **7.5. Conjunto de códigos y normas para un SCI**

En el momento en el que se desea comenzar con el diseño de un SCI, para cualquier tipo de construcción, edificación, industria, comercial, entre otras, es de vital importancia tomar en cuenta y chequear las normas establecidas para la supresión de incendios, las cuales sirven como guías que establecen de forma clara y concisa los criterios, guías y prácticas necesarias que le faciliten al usuario el diseño de cualquier SCI y lograr que funcione de una manera rápida y eficaz.

Para lo anterior, se tiene un conjunto de normas, las cuales se toman en consideración en el mundo de los SCI, que se refieren específicamente a todos los criterios que se toman en consideración para la implementación de un sistema, las cuales son: *National Fire Protection Association* o más bien conocidas como las normas NFPA.

Dentro de este conjunto de normas es posible encontrar en ellas, los criterios generales y específicos al momento de diseñar un SCI, es fundamental al momento de regirse por estas normas, que se conozcan y cumplan todos los



requisitos que solicita para que cumplan con su función, porque a través de ella se consideran y se discuten las especificaciones ideales al momento de iniciar un proyecto contra incendio.

El conjunto de normas NFPA, están diseñadas de una forma completa y segura para todo tipo construcciones.

En el siguiente listado, se nombrarán los códigos de normas que en este trabajo de investigación se tomarán en cuenta:

- NFPA 13-13: Norma para el diseño de Sistemas de rociadores.
- NFPA 14-13: Norma para la del diseño de tuberías y mangueras.
- NFPA 20-13: Norma para el diseño y creación de Sistemas Contra Incendios.

## **7.6. Teoría del riesgo**

La teoría del fuego ayuda a prevenir y a atender toda posibilidad que pudiera existir en cualquier lugar entiéndase, lugar de trabajo, doméstico, industrial, etc que pueda provocar algún incendio y pueda poner en riesgo la integridad de las personas como también de lo material.

### **7.6.1. Riesgo de incendio**

Se define como toda aquella probabilidad que un incendio se genere y ocasione un atentado contra la seguridad e integridad física de las personas, como también daños materiales irreparables.

### **7.6.2. Clasificación de riesgo**

Al momento de diseñar cualquier tipo de Sistema Contra Incendio para cualquier estructura, se deben de conocer las diferentes clases de riesgos que existen (LH, OH, HH) las cuales determinarán o servirán de guía, la correcta instalación de equipos contra incendios para el suministro del agua.

Las diferentes clases de riesgos que existen son las siguientes:

- Peligro de Luz (LH): para edificios no industriales con una carga de fuego menor.
- Riesgo Ordinario (OH): para edificios comerciales e industriales con una carga de fuego mediana.
- Procesamiento de alto riesgo (HHP): para edificios industriales en donde los materiales que se procesan contienen una carga alta de fuego y son capaces de expandir el fuego intenso a una velocidad rápida.
- Almacenamiento de alto riesgo (HHS): clasificación para edificios industriales en donde los materiales que se maniobran y almacenan tiene una carga alta de fuego y son capaces de expandir el fuego intenso a una velocidad rápida.

### **7.7. Clasificación por tipo de producto almacenado**

Temas importantes que se deben de considerar al momento de seleccionar un SCI, es conocer y comprender las consecuencias de reacción química que pudiera tener el material almacenado dentro de la instalación, en este caso, una

bodega, pues dependiendo de la composición del material, se clasifican en su almacenaje.

- CLASE 1: Clase comprendida por productos no combustibles, almacenados la mayor parte de veces en papel corrugado.

Figura 4. **Almacenamiento Clase 1**



Fuente: Mecalux (2019). *Sistemas de almacenamiento dinámico*

- CLASE 2: Se encuentran comprendidos todos aquellos productos no combustibles, pero que están siendo almacenados dentro de cajas de madera, plástico y cartones.

Figura 5. **Almacenamiento Clase 2**



Fuente: Medina. (2014) *El 'retailer' del apellido adecuado*

- CLASE 3: Clase comprendida por todos aquellos productos que están hechos a base de fibras sintéticas y/o naturales, papel, madera, siendo almacenadas o no dentro de cajas.

Figura 6. **Almacenamiento Clase 3**



Fuente: EMBARBOX. (2019) *Embalajes*.

- CLASE 4: Se encuentran comprendidos todos los productos parcial o completamente hechos por plástico del Grupo B. Estén siempre o no almacenados dentro de cajas.

Figura 7. **Almacenamiento Clase 4**



Fuente: Carreras. (2017) *Nuevo reglamento APQ.*

## **7.8. Sistemas contra incendios**

Es el conjunto de todos aquellos componentes necesarios para la correcta funcionalidad del sistema, el cual tiene como fin en caso de incendio, suprimir el mismo por medio de alarmas y materiales como anteriormente se mencionó.

### **7.8.1. Sistema contra incendios y de detección de incendios tipo convencional**

Estos sistemas por lo general se encuentran en edificaciones medianamente pequeñas, como por ejemplo en locales comerciales que cuentan con poca construcción; estos Sistemas Contra Incendios cuentan con una ventaja llamativa y es que necesitan un mantenimiento fácil y mínimo.

#### **7.8.2. Sistema contra incendio y de detección con alarma**

Estos Sistemas Contra Incendio, están diseñados para actuar de forma inmediata al momento que el sistema entré en contacto con el incendio, esto le permitirá para iniciar la extinción y evacuación.

#### **7.8.3. Sistema contra incendio y de detención de rociadores automáticos**

Estos Sistemas Contra Incendio están diseñados para reaccionar de manera inmediata y eficaz para detectar y extinguir incendios.

#### **7.8.4. Sistema con Hidrantes**

Este sistema es el encargado de satisfacer a gran demanda el agua en la menor cantidad de tiempo posible.

#### **7.8.5. Sistema con extintores**

El sistema contra incendio más utilizado en la industria, se caracteriza por su conveniencia, bajo costo y disponibilidad, sin embargo, es el sistema contra incendios menos profesional.

Figura 8. **Sistema contra incendios**



Fuente: Asven (2022) *Skid contra incendio*

## **7.9. Sistemas de agua**

Este sistema de agua debe ser lo suficientemente grande para poder abastecer de forma segura el agua en cualquier incendio. Por lo general este sistema de agua, está conformado por un sistema de impulsión lo suficientemente eficaz para enviar el agua en el momento oportuno, una fuente de agua, la red de tubería.

Por lo general este tipo de sistemas están conformados por una bomba jockey acompañado de una bomba auxiliar, la cual sirve para mantener la presión en caso de fugas o algún desperfecto en la bomba principal.

### **7.9.1. Red de agua**

La red de agua es bastante amplia, pues debe de consistir obligatoriamente de una o varias fuentes de agua, las cuales deben estar conectadas a la red, la cual debe ser dimensionada de una buena forma para garantizar así el suministro de presión y caudal necesario.

Así mismo, es un conjunto de tuberías conectadas entre sí, pudiendo ser de forma mecánica como también de forma soldada, conectadas entre sí también por codos, tees, válvulas de retención, seccionamiento y siamesas.

#### **7.9.2. Fuente de agua**

La fuente de agua en un Sistema Contra Incendios puede llegar a ser privada o pública y es la encargada de mantener la reserva necesaria para así, garantizar el correcto funcionamiento del SCI durante el tiempo de uso necesario.

#### **7.9.3. Tuberías**

Dentro de la tubería, se encuentra el agua, sometida a presión y esta será la encargada de abastecer de forma segura y eficaz todos los puntos necesarios dentro la red del SCI pudiendo ser los sistemas de rociadores, diluvio, hidrantes, etc.

#### **7.9.4. Sistemas de Bombeo**

Se conoce como sistema de bombeo a todo aquel conjunto de accesorios que juntos hacen posible el recorrido ideal para transportar de un punto A hacia un punto B, cumpliendo con las especificaciones requeridas en los procesos como, por ejemplo, la presión, el caudal, la temperatura, etc.

#### **7.9.5. Tipos de bombas**

En este caso, para un Sistema de Detención y Contra Incendios se suelen utilizar diferentes tipos de bombas, las cuales ayudan al buen funcionamiento del SCI, generalmente para que esto suceda utilizamos dos, las más conocidas como las centrifugas que son básicamente las encargadas de mantener el agua lista



para ser utilizada y la segunda bomba llamada jockey quien es la encargada de darle el apoyo de presión en un momento dado existan fugas y evitar el arranque en momentos no necesarios, a esta bomba, generalmente se le conoce como bomba auxiliar.

Generalmente estas bombas están diseñadas para un suministro medido en PSI (lb/plug<sup>2</sup>).

## **8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS**

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTENIMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

### **1. MARCO TEÓRICO**

1.1. Concepto del Fuego

1.2. Tipos de fuego

1.2.1. Clase A

1.2.2. Clase B

1.2.3. Clase C

1.2.3. Clase D

1.2.5. Clase K

1.3. Métodos y agentes de extinción

1.3.1. Extinción por remoción de calor

1.3.2. Extinción por remoción de oxígeno

1.3.3. Extinción por remoción de combustible

1.3.4. Agua

1.3.5. CO<sub>2</sub>

1.3.6. Polvo químico seco

- 1.3.7. Espuma - agua
- 1.4. Aspectos básicos del diseño de sistema contra incendio
  - 1.4.1. Códigos y normas
- 1.5. Teoría del riesgo
  - 1.5.1. Riesgo de incendio
  - 1.5.2. Clasificación de riesgo
- 1.6. Clasificación por tipo de producto almacenado
  - 1.6.1. Sistemas contra incendios
  - 1.6.2. Sistema de detección de incendios convencional
  - 1.6.3. Sistema de detección y alarma
  - 1.6.4. Sistema de rociadores automáticos
  - 1.6.5. Sistema con hidrantes
  - 1.6.6. Sistema con extintores
- 1.7. Sistemas de agua
  - 1.7.1. Red de agua
  - 1.7.2. Fuente de agua
  - 1.7.3. Tuberías
- 1.8. Sistemas de bombeo
  - 1.8.1. Tipos de bombas

## 2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

## 3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

ANEXOS

## **9. METODOLOGÍA**

A continuación, se detallan los elementos metodológicos a seguir para la correcta elección, instalación y uso de un sistema contra incendios normado para el área industrial.

### **9.1. Enfoque**

El siguiente trabajo de graduación está enfocado en la seguridad industrial, el cual está basado en normas americanas NFPA, las cuales sirven como guía de una forma estándar para la implementación de cualquier Sistema Contra Incendio.

En este caso el enfoque principal es darle a la bodega de empaque la seguridad total que el Sistema Contra Incendio funcionará el momento que sea necesario, evitando así cualquier catástrofe que pueda dañar por completo la infraestructura de la bodega y vecinos, el bienestar, la salud y la integridad de las personas, causando daños irreversibles.

El alcance de este trabajo de graduación será de tipo aplicado, pues tiene como fin último, generar conocimientos que se puedan poner en práctica; en este caso se estudiará e implementará un Sistema Contra Incendios para una Bodega de empaque, la cual representa un nivel de peligro alto para la propagación del fuego. Por ello, se desea garantizar el buen funcionamiento del SCI al momento de ser necesario.

El diseño que se llevará acabo para esta investigación, será de tipo descriptivo pues es basado en la teoría que se ha creado mediante la síntesis, análisis, datos recopilados e información verídica, garantizando; así como, investigación del porqué y el cómo de la implementación estudiada.

## 9.2. Unidades de análisis

La unidad de análisis es propiamente la bodega de empaque y la distribución de su maquinaria y equipo, la cual determinará la peligrosidad de un posible incendio y así, poder proyectar y decidir el Sistema Contra Incendio necesario para esta bodega.

## 9.3. Variables

Las variables en estudio se describen a continuación:

Tabla I. **Definición teórica y operativa de variables**

<b>Nombre de la variable</b>	<b>Definición Teórica</b>	<b>Definición operativa</b>	<b>Indicador</b>
Identificación de zonas de alto riesgo	Zonas de Riesgo: Es toda aquella zona, en donde exista una vulnerabilidad o amenaza a que ocurra un	Identificación de las zonas con mayor riesgo a provocar un accidente dentro dela bodega de empaque, ya sea por mala obra de	Zonas con poco espacio y mucha maquinaria  Zonas con poca iluminación  Zonas sin seguridad industrial

Continua Tabla I.

	accidente de efecto negativo, llevando consigo daños fatales e irreparables para la vida humana y lo material, debido a su ubicación o posición.	maquinaria o falta de mantenimiento preventivo.	
Identificación de químicos y componentes de alto riesgo en planta	Químicos y materiales peligrosos: Se le define así, a todas las sustancias y materiales que podrían ocasionar daños a la salud humana y medio ambiente.	Identificar todos aquellos químicos que utilizan en la empresa, considerando hasta los químicos utilizados para la limpieza y otros. Como también todos los materiales que puedan ocasionar un mayor incendio al momento de tener contacto con el fuego.	Áreas que almacenen químicos altamente inflamables  Bodegas con componentes inflamables  Estanterías con material de fácil conducción
Identificación de la fuente para el SCI	Sistema de abastecimiento de agua: Son todos aquellos sistemas públicos o privados que	Identificación de la fuente que será una de las tres demandas importantes para la selección del Sistema Contra Incendio ideal para la bodega,	Verificación de presión y caudal en el abastecimiento público o privado  Verificación de fácil acceso a la demanda de agua

	permiten que abastezca de	garantizando entonces, el.	
--	------------------------------	-------------------------------	--

Continúa Tabla I.

	forma inagotable toda una red de sistema de agua potable y en este caso para un Sistema contra incendios.	abastecimiento correcto de agua en el momento necesario de cualquier percance	
Elaboración de plan de mantenimiento preventivo al SCI	Plan de mantenimiento preventivo: Es todo aquel conjunto de tareas y pruebas específicas a realizar para mantener una maquinaria en buen estado, siendo estas pruebas cada cierto tiempo delimitado.	La elaboración del plan preventivo le dará las guías necesarias a cualquier usuario familiarizado con la maquinaria relacionada con bombas y motores a realizar pruebas preventivas cada cierto tiempo.	Definición de guías para el correcto mantenimiento preventivo

Fuente: elaboración propia por medio de Excel para Office 365

Se presentan y describen las fases en las que se realizará el análisis para la correcta elección, instalación y uso del sistema contra incendios para el área industrial.

En esta zona se podrá verificar toda la zona perimetral de la bodega, desde el exterior que puede ser la misma infraestructura de la bodega, zonas aledañas como bosques, barrancos, edificación, etc. Y en la parte interior de la bodega para verificar salidas de emergencia ante cualquier accidente o catástrofe de índole natural, como la seguridad industrial de la bodega, lo cual ayudará de soporte para poder diagnosticar el Sistema Contra Incendios adecuado.

En esta fase, se podrá determinar de una manera a detalle cómo funciona, no dirá si en algún momento el empaque que es utilizado lo hacen desde cero necesitando materia prima o si bien lo tienen ya listo para agregarle algún tipo de adhesivo o estampado para su uso.

Una vez se tenga definido si el producto se realiza ahí mismo o está listo para ser utilizado, se necesita catalogar el empaque en un tipo de material para determinar su grado de combustión, para ello se deben basar en las características que lo componen para poder catalogarlo de alguna forma. También se verá el tipo de manejo que se le da al empaque dentro de la bodega y lograr determinar de una mejor el nivel de riesgo que existe.

Esta fase ayudará a definir o delimitar de mejor manera todas las zonas que se consideren tengan una probabilidad más alta de incendio, siendo la razón que sea, por ejemplo, mantenimiento de maquinaria, obra de mano, tipos de productos y materiales que se utilizan, zonas de riesgo, etc. Con esto se puede comenzar con el estudio para el Sistema Contra Incendios necesario.

Como parte fundamental de las demandas para la implementación de un Sistema Contra Incendio, es necesario verificar si el abastecimiento de agua que



se utilizará o que brinda la bodega, cumple con los requisitos necesarios que solicita la norma NFPA, para ello se debe hacer un estudio al abastecimiento en donde se pueda verificar si cuenta con el caudal, la presión y los niveles de carga necesarios para poder satisfacer la bomba en todo momento, pues es requisito indispensable que el Sistema Contra Incendio mantenga de forma inagotable el agua dentro del sistema.

En esta fase se evaluarán todas las medidas necesarias que solicita la norma americana NFPA 20 para poder llevar a cabo la implementación de este sistema, pues la infraestructura debe de cumplir con requisitos para poder implementarla, además de eso le garantizará a la bodega una mejor póliza de seguro ante cualquier catástrofe.

En esta fase, se podrá escoger la bomba correcta para completar el Sistema Contra Incendios correcto, pero para ello se debió cumplir con cada una de las fases anteriores para garantizar que la selección haya sido la adecuada y logre cumplir con su funcionamiento en el momento requerido.

Una vez estudiadas las zonas de la bodega, se debe de tomar la decisión de colocar el cuarto de control de la bomba, que será en donde cumpla con los requisitos necesarios para poder implementarla, la cual debe contar con el espacio suficiente y alumbrado para poder llevarse a cabo.

En esta fase, se llevará acabo la implementación del Sistema Contra Incendio de motor sumergible para la bomba, la cual cumplirá con todos los requisitos necesarios para su implementación.

Una vez finalizada la implementación, se hará entrega oficial del SCI, así como del manual del mantenimiento preventivo, el cual deben seguir tal y como

indica en las instrucciones para poder contar con la garantía de fábrica y no perderla en ningún momento.

## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

Para poder tener una recopilación exacta de datos y procedimientos utilizados en la bodega de empaque, se llevarán a cabo múltiples visitas para conocer todas las características y procesos que lleva el material al momento de ser empacado, para con ello poder contemplar los riesgos y peligros que existen dentro de la empresa como los requisitos que deben de ser tomados en cuenta por la norma NFPA para la implementación del Sistema Contra Incendios.

Partiendo de las etapas descritas en el diagrama de flujo de proceso, se identificará de forma correcta la zona perimetral de la bodega y se analizará de forma cuidadosa la producción de la bodega como su producto, para con ello establecer las medidas necesarias a considerar.

Una vez se tenga la información recopilada, se evaluará mediante una matriz de decisión el rango de peligro en el que se pueda encontrar la bodega de empaque.

Al tener identificados estos valores, se puede definir mediante otra matriz de decisión, qué tipo de fuente se pueden utilizar para el Sistema Contra Incendio, como por ejemplo si se utilizará fuente municipal o privada.

Con la información previa recopilada, ahora sí, mediante un árbol de decisiones de determinación se pueden plantear de forma correcta y encontrar el Sistema Contra Incendio para una correcta instalación y correcto funcionamiento.

Finalmente, se formará un plan maestro en el cual se podrá establecer el seguimiento puntual de estas técnicas para poder ser presentado en un formato detallado cada uno de los análisis y pruebas, como el correcto uso de nuestro Sistema a implementar.

## 11. CRONOGRAMA

Figura 9. Cronograma de ejecución

### PLAN DE ACCIÓN

Implementación de sistema de supresión contra incendios con turbina sumergible accionada por motor Diesel para una bodega de material de empaque

Inicio de Investigación		3 de junio de 2021		AÑO 2021					AÑO 2022			
TAREA	Inicio	Final	Días	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OTUBRE	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	
<b>SEMINARIO 1: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>												
Entregable 1	17 de junio de 2021	30 de junio de 2021	14									
Entregable 2	1 de julio de 2021	12 de julio de 2021	12									
Entregable 3	13 de julio de 2021	26 de julio de 2021	14									
Entregable Final	27 de julio de 2021	2 de agosto de 2021	7									
<b>SEMINARIO 2: PROTOCOLO</b>												
Entregable 1	1 de septiembre de 2021	14 de septiembre de 2021	14									
Entregable 2	15 de septiembre de 2021	26 de septiembre de 2021	12									
Entregable 3	27 de septiembre de 2021	10 de octubre de 2021	14									
Entregable Final	11 de octubre de 2021	17 de octubre de 2021	7									
<b>SEMINARIO 3: INFORME FINAL</b>												
Entregable 1	1 de septiembre de 2022	14 de septiembre de 2022	14									
Entregable 2	15 de septiembre de 2022	26 de septiembre de 2022	12									
Entregable 3	27 de septiembre de 2022	10 de octubre de 2022	14									
Entregable Final	11 de octubre de 2022	17 de octubre de 2022	7									

Fuente: elaboración propia con Project para Office 365.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

En la siguiente tabla, se encuentra de forma general el presupuesto estimado para la elaboración de este estudio sobre la implementación de un SCI para una bodega de empaque.

Tabla II. **Presupuesto**

ÍTEM		CANTIDAD	COSTO (Q)	FUENTE DE FINANCIAMIENTO
RECURSOS HUMANOS	ASESOR	1	Q -	No Aplica
	INVESTIGADOR	1	Q -	No Aplica
	PERSONAL OPERATIVO	6	Q -	No Aplica
RECURSOS MATERIALES	ÚTILES Y PAPELERIA	1	Q 500.00	Propia
RECURSOS FISICOS	GASOLINA	-	Q 1,500.00	Propia
RECURSOS TECNOLOGICOS	COMPUTADORA	1	Q 7,000.00	Propia
	INTERNET	-	Q -	Propia
EQUIPO	NO APLICA	-	Q -	No Aplica
TOTAL, PRESUPUESTADO			Q 9,000.00	

Fuente: elaboración propia con Excel para Office 365.





### 13. REFERENCIAS

1. ASVEN. (2021) *Skid Contra incendios*. Disponible en:  
<http://www.asven.com.ar/sistemas-contraincendio/linea-grundfos/skid-2870>
2. Bayon, R. (1978) *La protección contra incendios en la construcción*. España. Disponible en:  
[https://books.google.com.gt/books?id=9Hw2ETTh8QTEC&pg=PA17&dq=definicion+de+fuego&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwicwPTX-\\_76AhVySjABHQ\\_KAUoQ6AF6BAgNEAl#v=onepage&q=definicion%20de%20fuego&f=false](https://books.google.com.gt/books?id=9Hw2ETTh8QTEC&pg=PA17&dq=definicion+de+fuego&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwicwPTX-_76AhVySjABHQ_KAUoQ6AF6BAgNEAl#v=onepage&q=definicion%20de%20fuego&f=false)
3. Bermeo, A. (2017) *Análisis del volumen óptimo de un tanque de almacenamiento para un sistema contra incendios*. Obtenido de:  
<http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/2001/1/Tesis%20Completa%20SCI%20Andr%C3%A9s%20Bermeomgc.pdf>
4. Carreras. S. (2017) *Nuevo reglamento APQ*. Disponible en:  
[https://srvsbniisphp-universitatpolit.netdna-ssl.com/cdn\\_propintegral/sites/default/files/noticia/38414/field\\_adjuntos/novedadesreglamentoapq.pdf](https://srvsbniisphp-universitatpolit.netdna-ssl.com/cdn_propintegral/sites/default/files/noticia/38414/field_adjuntos/novedadesreglamentoapq.pdf)
5. Embarox. (2019) *Embalajes*. Obtenido de:  
<https://www.embarbox.com/sobre-nosotros/>

6. Estéreo 100. (2021) *Incendio en fábrica de camas en Xela deja pérdidas por más de Q10 millones*. Guatemala. Obtenido en: <https://stereo100.com.gt/2021/incendio-en-fabrica-de-camas-en-xela-deja-perdidas-por-mas-de-q10-millones/>
7. Expower. (2021) *¿Qué es un extintor antiincendios?* España. Disponible en: <https://www.expower.es/extintor-fuego.htm>
8. GRUNDFOS. (2021) *Clasificación de riesgo de incendio*. España. Recuperado de: <https://www.grundfos.com/mx/learn/research-and-insights/fire-hazard-classification>
9. Grupo Prointex. (2021) *Sistema de abastecimiento de agua contra incendios*. Madrid. Disponible en: <https://www.grupoprointex.com/sistema-de-abastecimiento-de-agua-contra-incendios/>
10. Guatevisión. (2019) *Así se pronunció la empresa afectada por el incendio en Mixco*. Guatemala. Obtenido en: <https://www.guatevision.com/nacionales/asi-se-pronuncio-la-empresa-afectada-por-el-incendio-en-mixco>
11. Hervás, T. (2022) *Triángulo y Tetraedro de Fuego*. Obtenido en: <https://cronicaseguridad.com/2022/03/08/triangulo-y-tetraedro-del-fuego/>
12. IRIM. (2015) *Plan de Mantenimiento*. España. Disponible en: <http://www.renovetec.com/irim/sobre-mantenimiento/planes-de-mantenimiento/que-es-un-plan-de-mantenimiento>

13. Mecalux. (2019) *Sistemas de almacenamiento dinámico: tipos y características*. Disponible en: <https://www.mecalux.com.co/blog/sistemas-almacenamiento-dinamico-tipos>
14. Medina, M. (2014) *El 'retailer' del apellido adecuado*. Colombia. Disponible en: <https://www.elespectador.com/economia/el-retailer-del-apellido-adecuado-article-523887/>
15. Ministerio de trabajo y previsión social. (2014) *Reglamento de Salud y Seguridad ocupacional*. Guatemala. Obtenido en: [https://tuempleo.mintrabajo.gob.gt/index.php/welcome/doc/Acd\\_Gub\\_Reglamento\\_de\\_Salud\\_y\\_Seguridad\\_Ocupacional\\_229-2014](https://tuempleo.mintrabajo.gob.gt/index.php/welcome/doc/Acd_Gub_Reglamento_de_Salud_y_Seguridad_Ocupacional_229-2014)
16. NFPA, Catalog. (2019) *NFPA 20, Normas para la Instalación de Bombas Estacionarias para Protección contra Incendios, español*. Canadá. Obtenido en: <https://catalog.nfpa.org/NFPA-20-Norma-para-la-Instalacin-de-Bombas-Estacionarias-para-Proteccin-contra-Incendios-Espaol-P16551.aspx?icid=W277>
17. NFPA, Journal en español. (2021) *La importancia de la normativa NFPA*. Latinoamérica. Obtenido en: <https://nfpajla.org/columnas/perspectiva-regional/1327-la-importancia-de-la-normativa-nfpa>
18. Panduro, R. (2020) *Sistema contra incendio bajo la norma NFPA para incrementar la seguridad del personal en la Minera las Ramblas, Apurímac*. Obtenido en: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/8054/>

Panduro%20Cachique%2C%20R%C3%B3mulo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

19. Pérez, J. (2020) *Tipos de fuego y medios de extinción*. España. Obtenido en: <http://www.prevenciondocente.com/tiposfuego.htm>
20. Prensa Libre. (2021) *Industrias deben prever emergencias*. Guatemala. Obtenido en: <https://www.prensalibre.com/ciudades/industrias-deben-prever-emergencias/>
21. Previnsa. (2018) *Extinción de incendios en edificios 4 métodos que debes conocer*. Recuperado de: <https://previnsa.com/extincion-de-incendios-en-edificios/>
22. Publinews. (2019) *Oreplast se pronuncia tras el incendio en sus instalaciones en Mixco*. Guatemala. Obtenido en: <https://www.publinews.gt/gt/noticias/2019/10/12/oreplast-incendio-mixco-investigacion.html>
23. Romero, J. (2017) *Sistema de control y protección contra incendios para el Hospital General de Macas en la provincia de Morona Santiago*. Obtenido de: [http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26716/1/Tesis\\_t1333ec.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26716/1/Tesis_t1333ec.pdf)
24. SOLER. (2021) *Instalación de sistemas de abastecimiento de agua contra incendios*. Valencia. Disponible en: <https://www.solerprevencion.com/mas-sobre/sistemas-de-abastecimiento-de-agua-contra-incendios/>

25. Soy502. (2017) *Así era la recicladora de plástico que se incendió*. Guatemala. Obtenido en: <https://www.soy502.com/articulo/asi-era-recicladora-plastico-incendio-zona-7-68696>
26. Izás, R. (10 de febrero, 2021) *Incendio en fábrica de camas en Xela deja pérdidas por más de Q10 Millones*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://stereo100.com.gt/2021/incendio-en-fabrica-de-camas-en-xela-deja-perdidas-por-mas-de-q10-millones/>
27. Tonally. (2021) *Red hidráulica de distribución de agua contra incendios*. México. Recuperado de: <https://tonallysistemas.com/red-hidraulica-de-distribucion-de-agua-contra-incendio.html>
28. Zurich. (2018) *Conoce los tipos de fuego y cómo combatirlos*. México. Obtenido en: <https://www.zurich.com.mx/es-mx/blog/articles/2018/12/conoce-los-tipos-de-fuego-y-como-combatirlos>