



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA
INTELIGENTE PARA DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE FLAMA BASADO
EN LA NORMA NFPA 72 MEDIANTE TECNOLOGÍAS DE BAJO COSTO**

AUTORA: POVEDA VILLACIS, MAYRA PATRICIA

DIRECTOR: ING. NARANJO HIDALGO, CESAR ALFREDO

LATACUNGA

2019



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA INTELIGENTE PARA DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE FLAMA BASADO EN LA NORMA NFPA 72 MEDIANTE TECNOLOGÍAS DE BAJO COSTO**” fue realizado por la señorita **Poveda Villacis Mayra Patricia** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 27 de junio de 2019

Firma:

Ing. Cesar Naranjo Hidalgo

C.C 0501498505



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Poveda Villacis Mayra Patricia*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA INTELIGENTE PARA DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE FLAMA BASADO EN LA NORMA NFPA 72 MEDIANTE TECNOLOGÍAS DE BAJO COSTO*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 27 de junio de 2019

Firma


.....

Poveda Villacis Mayra Patricia

C.C 1803743291



DEPARTAMENTO DE ELECTRICA Y ELÉCTRONICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

AUTORIZACIÓN

*Yo, **Poveda Villacis Mayra Patricia** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA INTELIGENTE PARA DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE FLAMA BASADO EN LA NORMA NFPA 72 MEDIANTE TECNOLOGÍAS DE BAJO COSTO** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.*

Latacunga, 27 de junio de 2019

Firma


.....

Poveda Villacis Mayra Patricia
C.C 1803743291



DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación sin duda quiero dedicar a mi amor más grande, mi orgullo más inmenso y la mujer de mi vida, mi Madre.

Querida Madre, quiero expresarte mi eterna gratitud por todos los sacrificios que realizaste por mí, esos gestos jamás se borrarán de mi mente y siempre los tendré presente.

Si hoy en día soy alguien profesional, se debe principalmente a ti, puesto que las lecciones más valiosas que adquirí, me las diste tú. Te amo Mamita Laura.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por poner en mi camino a las personas correctas quienes me brindaron su apoyo incondicional para concluir este proyecto de investigación y de manera especial:

A mí querida Madre por ser un pilar fundamental que me ha sostenido en los momentos más difíciles, por compartir conmigo mis triunfos y fracasos a lo largo de toda mi carrera académica y por enseñarme a vivir la vida impulsando mis metas para hacer realidad mis sueños.

A mis amigos que me brindaron su amistad absoluta y la confianza que necesitaba para culminar este paso importante en mi vida profesional, nunca olvidare ese acto de amistad del cual me siento afortunada de tener grandes y verdaderos amigos. A mis queridas hermanas quienes siempre me apoyaron con sus muestras de cariño, brindándome su confianza y recordándome día a día que el querer es poder.

A una de las personas más especiales en mi vida quien nunca dejo de creer en mí y estuvo acompañándome en este camino duro, pero no imposible, con palabras de aliento que esto debe valer la felicidad y no la pena.

Finalmente agradezco a los docentes de la Carrera de Ingeniería Electrónica por toda la paciencia y la ayuda brindada, en especial al Ing. Cesar Naranjo quien ha

dedicado su valioso tiempo en la revisión del desarrollo de este proyecto aportando con su conocimiento y sobre todo demostrando su calidad de persona y amigo.

INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	I
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	II
AUTORIZACIÓN.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
INDICE DE CONTENIDOS	VI
INDICE DE TABLAS.....	XI
INDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes	1
1.2. Análisis del Problema	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
1.4. Alcance.....	6
1.5. Justificación	8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades	9
--------------------------	---

2.1.1.	Elementos del Fuego	9
a.	El triángulo del fuego.....	10
b.	El tetraedro del fuego.....	11
2.2.	Fundamentación Teórica.....	13
2.2.1.	Extinción de Incendios.....	14
a.	Separación y/o confinación del Combustible.....	14
b.	Eliminación del Oxígeno o Sofocación	15
c.	Eliminación del Calor o Energía de Activación.....	15
d.	Inhibición o interrupción de la reacción en cadena.....	15
2.2.2.	Agentes extintores de Incendios	16
a.	Agua	18
b.	Espuma.....	18
c.	Anhídrido Carbónico (CO ₂)	19
d.	Polvo Químico BC	20
e.	Polvo Químico ABC	21
f.	Halotron I	22
g.	FM 200	23
h.	Polvos Especiales	24
2.2.3.	Detección de Incendios	26
2.2.4.	Detectores de flama.....	30
a.	Infrarrojo Individual (IR)	31
b.	Ultravioleta Individual (UV).....	32
c.	Banda Dual (UV/IR)	33
d.	Triple IR (IR3)	34
e.	CCTV (IR3 + Video)	35
f.	Hidrógeno.....	36
2.2.5.	Sistemas Contra Incendios	37
a.	Sistemas Contra Incendios Convencionales	38
b.	Inteligentes	39
2.2.6.	Descripción del área a proteger.....	39

2.2.7.	Clasificación de Mercadería Almacenada.....	40
2.2.8.	Norma NFPA 72	41
2.3.	Selección de Componentes	42
2.3.1.	Selección de sensores de flama	42
2.3.2.	Selección de dispositivos de entrada y salida	43
2.3.3.	Instalación / configuración de software y tarjeta de bajo costo	44
2.3.4.	Selección de la interfaz gráfica (pantallas táctiles TFT).....	46

CAPÍTULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO Y LOS SISTEMAS DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS

3.1.	Diseño del Sistema de Detección de Incendios	49
3.1.1.	Selección de Detectores de Humo	50
a.	Forma, superficie, altura del techo y distribución del área a proteger según NFPA 72 ..	50
b.	Características de la combustión de los materiales.	52
c.	Ventilación y ambiente	52
3.1.2.	Selección de Detectores de Flama	53
3.1.3.	Dimensionamiento del Sistema de Detección y Alarma Contra Incendio	56
a.	Alimentación del Sistema	56
b.	Diseño de la interfaz de comunicación y el lazo de control.....	58
3.2.	Selección del Sistema de Extinción	59
3.3.	Desarrollo de la Filosofía de Operación	61
3.4.	Construcción del Prototipo Bodega de Almacenamiento	62
3.4.1.	Descripción del Prototipo Cuarto de Almacenamiento.....	62
a.	Dimensión y escala utilizadas	62
b.	Materiales para la construcción del prototipo	62
c.	Fabricación de elementos a escala	63
d.	Fuente de alimentación	64
e.	Cables de alimentación y control utilizados.	64
f.	Detectores de Humo/ Gas	64

g.	Detectores de Flama.....	66
h.	Agente de extinción	68
i.	Alarma visual y sonora	69
j.	Baterías.....	69
k.	Módulo de accionamiento manual	70
3.5.	Desarrollo de La Filosofía de Operación del Prototipo	70
3.5.1.	Componentes del Sistema	72
a.	Panel de Control.....	72
b.	Detectores de Humo MQ-2	73
c.	Detectores de Flama KY-26.....	74
3.6.	Diseño de Interfaz Gráfica (HMI).....	75
3.6.1.	Creación de un Archivo Nuevo.....	76
3.6.2.	Carga de Imágenes	77
3.6.3.	Configuración de Pantalla y Creación de Botones.....	79
3.6.4.	Configuración de Botones.....	79
3.6.5.	Ingreso de la Programación.....	80
3.7.	Programación de la Lógica de Control e Integración de todo el Sistema	81

CAPÍTULO IV

PRUEBAS FUNCIONALES Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.	Pruebas Funcionales del Sistema	104
4.1.1.	Procedimiento de Pruebas Funcionales de los Sistemas de Detección y Extinción de Incendios	104
4.1.2.	Pruebas Funcionales a los detectores de Humo/Gas y Flama.....	104
a.	Pruebas de Detectores MQ-2 mediante Humo/Gas real	105
b.	Pruebas de Detectores KY-26 mediante fuego real	107
c.	Pruebas Funcionales de alarmas Visual y Sonora.....	108
d.	Pruebas funcionales del Sistema de Extinción.....	108
4.2.	Análisis de Resultados	110
4.2.1.	Resultados Obtenidos.....	110

4.2.2. Discusión de Resultados 110

4.3. Análisis Económico 113

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones 115

5.2. Recomendaciones..... 118

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 119

ANEXOS 122

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i> Agentes extintores adecuados según la clase de Fuego	26
<i>Tabla 2</i> Consumos de Carga	57
<i>Tabla 3</i> Rango de Lectura de Los Sensores de Humo/Gas y Flama	110
<i>Tabla 4</i> Funcionamiento del Sistema de Detección y Extinción de Incendios	110
<i>Tabla 5</i> Costos de un Sistema de Detección y Extinción de Incendios Tradicional	113
<i>Tabla 6</i> Costos del Sistema de Detección y Extinción de Incendios Usado en el Prototipo	113

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Triángulo del Fuego	11
<i>Figura 2</i> Tetraedro del Fuego	12
<i>Figura 3</i> Agente extintor AGUA	18
<i>Figura 4</i> Agente extintor ESPUMA.....	19
<i>Figura 5</i> Agente Extintor CO2.....	20
<i>Figura 6</i> Agente Extintor Polvo AB / ABC	21
<i>Figura 7</i> Agente Extintor Polvo AB / ABC	22
<i>Figura 8</i> Agente Extintor Halotron I.....	23
<i>Figura 9</i> Agente Extintor FM 200	24
<i>Figura 10</i> Elementos del Sistema de Detección de Incendios	27
<i>Figura 11</i> Detector Infrarrojo Individual IR	32
<i>Figura 12</i> Detector Ultravioleta Individual UV	33
<i>Figura 13</i> Detector Banda Dual UV/IR	34
<i>Figura 14</i> Detector Triple IR3	35
<i>Figura 15</i> Detector CCTV (IR3 + Video).....	36
<i>Figura 16</i> Detector Hidrógeno	37
<i>Figura 17</i> Tarjetas ARDUINO	46
<i>Figura 18</i> Dispositivo táctil TFT	48
<i>Figura 19</i> Espaciamiento de sensores.....	51
<i>Figura 20</i> Rango de detección de los sensores de Flama	55
<i>Figura 21</i> Lazo de control derivado desde la interfaz	59
<i>Figura 22</i> Activación del Agente Extintor FM-200.....	60

<i>Figura 23</i> Prototipo "Cuarto de Almacenamiento de Equipos Eléctricos"	63
<i>Figura 24</i> Sensor de Humo/Gas MQ-2	65
<i>Figura 25</i> Estructura y configuración del sensor MQ-2	66
<i>Figura 26</i> Detector de Flama KY-26	67
<i>Figura 27</i> Descripción del módulo e interface Detector de Flama	68
<i>Figura 28</i> Pantalla de Comando "File/New"	77
<i>Figura 29</i> Tamaño de Pantalla	77
<i>Figura 30</i> Pantalla de Comandos Add Component/Botton"	78
<i>Figura 31</i> Pantalla de "Boton"	79
<i>Figura 32</i> Pantalla de Configuración de Botones	80
<i>Figura 33</i> Pantalla de ingreso de la Programación	80
<i>Figura 34</i> Diagrama de conexionado para Integración de todo el Sistema	82
<i>Figura 35</i> Características de Detección Sensor MQ-2.....	105
<i>Figura 36</i> Prueba a Detectores de Humo/Gas con humo real.....	106
<i>Figura 37</i> Visualización en la interfaz HMI	106
<i>Figura 38</i> Pruebas a los detectores de Flama con fuego real.....	107
<i>Figura 39</i> Visualización en la interfaz HMI	108
<i>Figura 40</i> Activación del Sistema de Extinción	109
<i>Figura 41</i> Visualización en la interfaz HMI	110

RESUMEN

El presente trabajo de titulación detalla el proceso de un Prototipo de los Sistemas de Detección y Extinción de incendios basados en las recomendaciones expuestas en la Norma NFPA 72 enfocado en el uso de tecnología de bajo costo como lo es la plataforma Arduino. Se inicia por el estudio del fuego, su comportamiento, su clasificación, sus diferentes riesgos, los agentes extintores y los sistemas de detección temprana y extinción inmediata con la finalidad de salvaguardar al personal, equipos y el medio ambiente. Se realiza el análisis exhaustivo de los parámetros del diseño, de la instalación y mantención de los sistemas antes mencionados y finalmente se plasman todos estos criterios en un prototipo a escala, mediante el cual se verifica el funcionamiento de los respectivos sistemas a un bajo costo.

PALABRAS CLAVE:

- ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO
- PLATAFORMA ARDUINO
- INTERFAZ GRÁFICA

ABSTRACT

The present titration work details the process of a Prototype of the Systems of Detection and Extinction of fires based on the recommendations exposed in the Norm NFPA 72 focused in the use of technology of low cost as it is the Arduino platform. It begins with the study of fire, its behavior, its classification, its different risks, the extinguishing agents and the systems of early detection and immediate extinction in order to safeguard personnel, equipment and the environment. The exhaustive analysis of the parameters of the design, of the installation and maintenance of the aforementioned systems is carried out and finally all these criteria are reflected in a prototype at scale, by means of which the operation of the respective systems is verified at a low cost.

KEYWORDS:

- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION
- ARDUINO PLATFORM
- GRAPHIC INTERFACE

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El fuego es uno de los elementos que ha tenido gran influencia en el desarrollo de la humanidad ya que al usarlo de manera controlada ha permitido numerosas innovaciones tanto en el uso doméstico como en procesos industriales, el aprovechamiento de la luz y el calor incrementa la calidad de vida del ser humano. Por otra parte, si el fuego no es controlado, éste se propagará produciendo pérdidas humanas, ambientales y materiales. A esta propagación no controlada se la conoce como incendio.

La detección y extinción de un incendio, es un tema muy importante en el cual vale la pena invertir, ya que su objeto principal es el de salvar vidas. Es así que, desde hace tiempos remotos, se inicia el desarrollo de la ingeniería de protección contra incendios en la antigua Roma, con el emperador romano Nerón quien mandó a escribir un Código Constructivo en el que se requería la utilización de materiales resistentes al fuego en las paredes exteriores a las viviendas. Más tarde, en el siglo XII en Londres, se estableció regulaciones que requerían la construcción de paredes de piedra de 90 cm de ancho y 4,90 m de altura entre edificaciones, con el objetivo de ser barreras corta fuegos. Pero no fue hasta la revolución industrial en Gran Bretaña y más tarde en los

EE.UU., cuando se cambia la cara de la ingeniería de protección contra incendios. En esas épocas, se inicia la construcción de fábricas de pisos múltiples, bodegas de gran tamaño, edificios altos y procesos industriales muy riesgosos, los cuales hacen evidente el desarrollo de nuevas tecnologías de protección contra incendios. Fue en el noroeste de EE.UU., a finales del siglo XIX, luego de varios inmensurables incendios nace la NFPA. (Martínez, 2016)

Para el desarrollo de esta ingeniería, el enfoque principal es el de identificar las principales causas que provocan un incendio para de esta manera determinar las medidas preventivas y posteriormente generar los procesos y procedimientos necesarios para su control. La NFPA (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego) es una organización fundada en Estados Unidos en 1896, encargada de crear y mantener las normas y requisitos mínimos para la prevención, capacitación, instalación y uso de medios de protección contra incendios. Sus estándares conocidos como National Fire Codes recomiendan las prácticas seguras desarrolladas por el personal experto en el control de incendios. (Donadio, 2008).

Los incendios, son uno de los mayores peligros a los que las personas pueden enfrentarse y las pérdidas son incalculables, por esta razón, se han desarrollados múltiples tecnologías para sistemas de extinción de incendios y se encuentran en el mercado, todos ellos cumplen alguna función específica, por lo que no se debe descartar ninguno. Sin embargo, ante situaciones extremas solo algunos sistemas tendrán la capacidad de responder satisfactoriamente.

Un sistema integral contra incendios, debe contemplar: reservas de agua, bombas contra incendio, sistemas de espuma, sistemas de detección de calor, detectores de humo, una zona de monitoreo inteligente, entre otros. Las nuevas tecnologías proporcionan mayores niveles de protección y los sistemas de detección contra incendios se adaptan mejor a cada una de las necesidades puntuales. (Duque, 2015).

Tecnología a bajo costo. - Actualmente el avance tecnológico y la creación de nuevos estándares hacen que problemas de seguridad del recurso humano y material como un incendio tenga nuevas y mejores alternativas de solución. La utilización del estándar IEEE 802.15.4 mediante la implementación de una red de sensores inalámbricos (WSN – Wireless Sensor Network, por sus siglas en inglés), nos ha permitido generar un método de prevención, monitoreo y detección de incendios de bajo consumo energético de tal manera que se puede optimizar todos los recursos evitando desperdicios y logrando un sistema eficaz con un costo reducido de tal manera que sea asequible a lugares o construcciones pequeñas y extensas, permitiendo que diferentes locaciones, bodegas de acopio, fábricas, hogares, etc., cuenten con una mayor seguridad ante cualquier situación que genere fuego.

Los dispositivos sensoriales se comunican mediante tecnología Zigbee, la tecnología zigbee es una red de comunicación inalámbrica multipunto que está basada en el estándar 802.15.4 de la IEEE de redes inalámbricas la que se caracteriza por un bajo consumo de potencia que puede ser construida a un bajo costo ya que sus

elementos son los más económicos de su tipo, su capacidad de funcionamiento en tiempo real y principalmente el bajo consumo de energía, hace que pueda funcionar sin suministro eléctrico por un largo periodo de tiempo.

1.2. Análisis del Problema

Al investigar las causas de incendios en EE.UU. y compararlas con Latinoamérica, según NFPA Fire Reports: US Fire Loss for 2003, las construcciones en Latinoamérica son más seguras debido a que son construidas principalmente en ladrillo, esto representa un bajo porcentaje de muertes humanas al compararlo con el 80% de fallecidos que se genera en los hogares de EE.UU., sin embargo, las pérdidas materiales en los países latinoamericanos representan un 50% del total de daños ocasionados en las propiedades por incendios y esto representa costos elevados. (Moncada, 2018).

Ecuador, al pertenecer a los países latinoamericanos, cuenta con construcciones basadas en ladrillo, pero esto no asegura que una edificación esté libre de algún tipo de incendio, es decir, los incendios dentro de las edificaciones se producen por otros factores, tales como: clandestinas o deficientes instalaciones eléctricas, inadecuado acopio de material, contacto con productos inflamables o simplemente descuidos humanos.

Estos antecedentes originan varios incendios, los mismos que en la mayoría de los casos, no logran ser controlados por las personas que interactúan en la edificación. Al mencionar las bodegas que son utilizadas como almacenamiento o acopio de diferentes elementos, estas presentan un alto riesgo de incendio, tanto por el tipo de material que en estas se guardan, por falta de ventilación, por descuidos o porque carecen de sistemas de detección de incendios.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Implementar un prototipo de sistema inteligente para detección y extinción de flama basada en la norma NFPA 72 mediante tecnologías de bajo costo.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Investigar información del sistema de detección y extinción de incendios en base a las normas, y tecnologías de bajo costo aplicables al presente proyecto.
- Diseñar e implementar una maqueta física con su correspondiente arquitectura de control.

- Realizar la programación de la lógica de control y diseñar una interfaz gráfica (HMI) para su control manual y automático.
- Realizar las pruebas funcionales para evaluar, en tiempo real, el desempeño del sistema.
- Realizar un informe que contenga los resultados del proyecto.

1.4. Alcance

Al conocer la falta de sistemas contra incendios en una bodega de almacenamiento, se tiene la necesidad de implementar un sistema inteligente de detección y extinción de fuego que cumpla con las normas competentes.

Para cumplir con este objetivo, en el presente proyecto de investigación se implementará un prototipo de sistema de detección y extinción de fuego que analizará los factores internos y externos para detectar y extinguir eventos de incendios suscitados de una manera inmediata y eficaz, utilizando equipos e instrumentos de bajo costo con el fin de proporcionar a los usuarios un sistema económico, de fácil acceso e interpretación.

Este prototipo será basado en la norma NFPA 72, implementando sensores de bajo costo disponibles en el mercado local que cumplen la misma función de los

sensores de gama alta pero que son equivalentes a los certificados por la norma ya mencionada. Así mismo, el prototipo constará con un controlador principal que receptorá las señales de los instrumentos, comandos desde HMI y botones de emergencia. Éste emitirá señales de control hacia el sistema de extinción de fuego e indicadores luminosos.

El HMI será configurado en una pantalla táctil, en la cual se podrá seleccionar los modos de operación y funcionamiento: manual o automático, permitirá una visualización en tiempo real y permitirá localizar las alarmas de emergencia producidas por los diferentes sensores implementados.

Los instrumentos de detección de fuego darán aviso al sistema de control mediante señales digitales, el sistema de control será programado de tal manera que se realice un análisis inteligente de las señales emitidas por los instrumentos, es decir, discriminará falsas alarmas realizando una votación o confirmación con instrumentos adyacentes al equipo que mostró la alarma.

En caso de que el sistema de control confirme la alarma de fuego, dará la orden de activación del sistema contra incendios enviando comandos digitales a los equipos de extinción de fuego que consta de bombas de descarga de agua o agente extintor, las cuales se accionaran en base a la programación del sistema de control.

1.5. Justificación

Una amenaza de fuego, puede presentarse en cualquier momento debido a: un mal manejo de materiales inflamables, por instalaciones eléctricas mal terminadas o en malas condiciones y por factores humanos (descuidos) causando innumerables pérdidas que ponen en riesgo la seguridad de la vida humana y de las instalaciones. Estos eventos pueden suscitarse en cualquier sitio por lo que es necesario estar prevenido ya sea en casa, industrias y lugares de trabajo, donde exista riesgo de incendios.

Por todo lo mencionado anteriormente, es necesario contar con un sistema de detección de incendios y un sistema que pueda controlarlo y extinguirlo, de tal manera que se puedan evitar pérdidas humanas y minimizar pérdidas materiales.

Los sistemas de detección y extinción de incendios, son instalaciones cuyo objetivo principal es detectar en forma prematura y anticipada el origen de un posible incendio, dando aviso de este evento por medio de señales, estas pueden ser luminosas o de sonido, a los diferentes habitantes del lugar, ya sea de manera local o remota a otros lugares y posteriormente extinguirlo de tal manera que es posible prevenir un posible siniestro o extinguirlo evitando pérdida de vidas humanas y/o daños materiales.

El contar con un sistema completo de detección y extinción de incendios (SCI) hará que se reduzca la probabilidad de pérdida de vidas humanas y materiales; el presente proyecto está encaminado a demostrar el funcionamiento de los sistemas de detección y extinción de incendios y su capacidad de proveer acciones de control en tiempo real mediante la recepción y emisión de señales digitales, botones de emergencia y comando HMI.

Para hacer efectivo su propósito, el sistema de protección está representado a través de un prototipo de sistema con elementos de bajo costo.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades

El fuego, es el desprendimiento de luz y calor producido como consecuencia de la combustión, este se produce generalmente tras la reacción química de la oxidación de alguna de sus manifestaciones más características que resultan ser: la llama, el humo, el calor y los gases tóxicos.

2.1.1. Elementos del Fuego

Para que se produzca el fuego, es necesaria la presencia de varios elementos los cuales se explican de la siguiente manera:

a. El triángulo del fuego

El triángulo del fuego representa los elementos que se necesitan para que se produzca la combustión, estos son: combustible, comburente (un agente oxidante como el oxígeno) y energía de activación (calor).

El combustible es cualquier sustancia capaz de arder. Dicha sustancia puede presentarse en estado sólido, líquido o gaseoso. El comburente (normalmente el oxígeno del aire) es el componente oxidante de la reacción. El calor o energía de activación es la energía que se precisa aportar para que el combustible y el comburente (oxígeno) reaccionen en un tiempo y espacio determinado.

El fuego se desencadena cuando estos tres factores se combinan en la proporción adecuada.

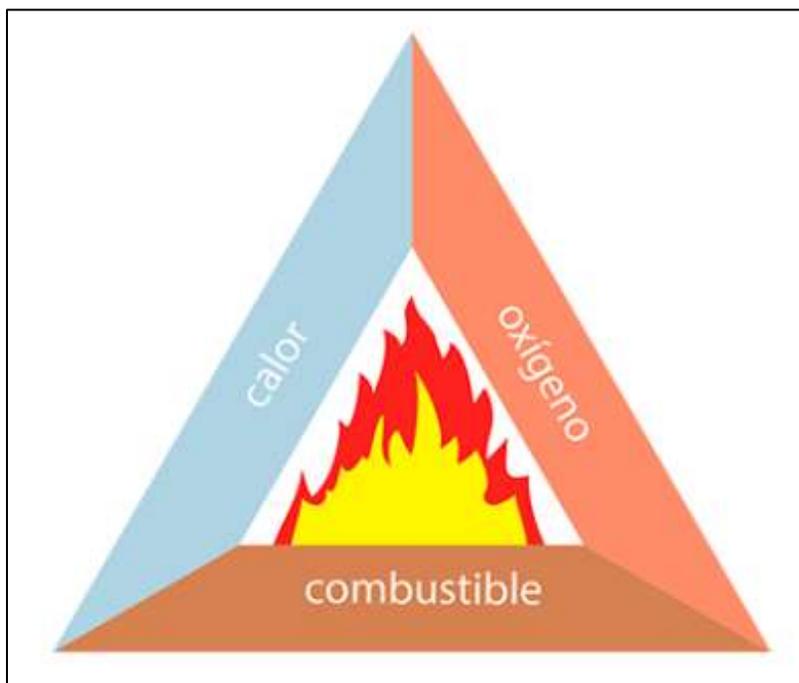


Figura 1 Triángulo del Fuego
Fuente: (Escudero, 2015)

b. El tetraedro del fuego

El tetraedro del fuego es el concepto que explica cómo dicho fuego puede propagarse y tener continuidad. Igual que ocurría en el triángulo del fuego, ante la ausencia de cualquiera de los elementos del tetraedro, el fuego se extingue.

Como decíamos, la reacción en cadena es el factor que permite que progrese y se mantenga la reacción una vez iniciado ésta. La reacción en cadena de la combustión se da cuando el fuego desprende calor, que es transmitido al combustible realimentándolo y continuando la combustión.

Para que se produzca un incendio, debe generarse suficiente calor como para vaporizar parte del combustible e inflamar el vapor que se mezcla con el oxígeno, para que la combustión se mantenga, el propio fuego debe generar suficiente calor como para vaporizar aún más combustible y que este vuelva a mezclarse con el oxígeno y se inflame. Esto genera todavía más calor, por lo que el proceso sigue una espiral de retroalimentación.

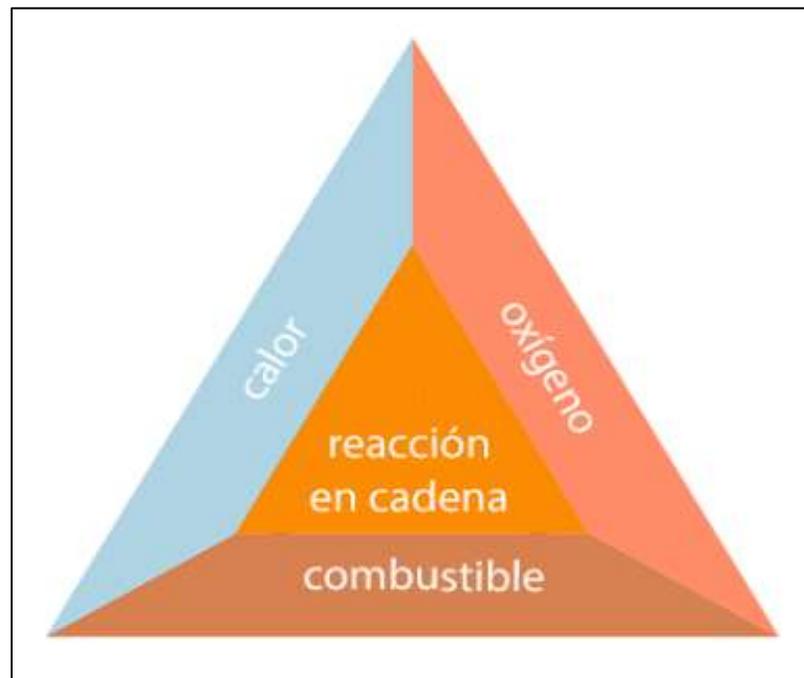


Figura 2 Tetraedro del Fuego
Fuente: (Escudero, 2015)

En resumen, para que un incendio se produzca es necesaria la presencia de:

El Oxígeno, que es un elemento que está presente en el aire en un 21% y en algunos materiales combustibles, este se encuentra en cantidades suficientes dentro de sus propiedades para producir la combustión.

El Calor, que es la energía requerida para elevar la temperatura del material combustible hasta el punto que despidan los vapores y permitan que ocurra la ignición, las fuentes de calor o energía de activación pueden proceder de diferentes medios como: llama abierta, radiación solar, arcos eléctricos, reacciones químicas, compresión de gases, calentamiento espontáneo, calor de descomposición, calor por fricción, por sobrecalentamiento de maquinarias, entre otros.

Los Combustibles, que son todas aquellas sustancias o materiales que puedan arder, ya sean sólidos, líquidos o gaseosos.

La Reacción en Cadena, que es el desprendimiento de calor transmitido al combustible de tal manera que lo realimenta y continua la combustión.

2.2. Fundamentación Teórica

En función del conocimiento de cómo se producen los incendios, se debe evaluar las condiciones del ambiente donde se interactúa, con el objeto de determinar las

medidas preventivas necesarias, es así que los sistemas de detección y extinción de incendios deben estar enfocados a los 4 elementos mencionados anteriormente.

Los mecanismos y/o sistemas de extinción de incendios están orientados a extinguir uno o más de los 4 elementos que conforman el Tetraedro del Fuego, de tal manera que, si se elimina por lo menos uno de ellos, el fuego no se propaga y se extingue.

2.2.1. Extinción de Incendios

La extinción de incendios se basa en la supresión de uno o varios factores que conforman el tetraedro del fuego, es así que se detallan las siguientes:

- Separación y/o confinación del combustible: Acción sobre el combustible.
- Sofocación: Acción sobre el oxígeno.
- Enfriamiento: Acción sobre el calor.
- Inhibición de la reacción en cadena: Acción sobre la reacción química.

a. Separación y/o confinación del Combustible

La eliminación del combustible puede darse de dos formas:

- DIRECTA, retirando los combustibles o interrumpiendo el flujo de los mismos (en caso de líquidos o gases).
- INDIRECTA, dificultando la propagación mediante la refrigeración de combustibles adyacentes o interponiendo elementos no combustibles.

b. Eliminación del Oxígeno o Sofocación

Se consigue recubriendo el combustible para impedir su contacto con el aire, impidiendo de esa forma el contacto de la zona incendiada con el oxígeno, esto se lo puede realizar mediante el uso de gases inertes o proyectando agua pulverizada que desplaza el oxígeno presente en el aire al convertirse en vapor.

c. Eliminación del Calor o Energía de Activación

Este proceso consiste en enfriar el material o el combustible de tal manera que la energía de activación necesaria disminuya utilizando algún producto que absorba el calor del combustible o material incendiado.

d. Inhibición o interrupción de la reacción en cadena

Si se proyecta sobre las llamas un producto capaz de combinarse con los radicales libres producidos por la descomposición del combustible, se logra impedir su reacción con el oxígeno.

Estos mecanismos son implementados en los sistemas de extinción para lograr eliminar en su totalidad la existencia de un incendio.

2.2.2. Agentes extintores de Incendios

Para la extinción de incendios, existen varios agentes extintores utilizados. Un Agente extintor es la sustancia o elemento que realiza de manera efectiva la extinción del fuego, el uso de éstos dependerá del entorno en el cual se produce el incendio, los más habituales agentes extintores usados son:

- AGUA
- ESPUMA
- ANHIDRIDO CARBONICO – CO₂
- POLVO QUIMICO BC
- POLVO QUIMICO ABC
- HALOTRON I
- POLVOS ESPECIALES

El agua, la espuma y el anhídrido carbónico CO₂, actúan en forma física sobre la temperatura, el aire y/o el combustible. Los restantes agentes extintores, lo hacen en forma química o como supresores de la reacción química.

El tipo de agente a utilizar está determinado por el tipo de material almacenado, es decir, dependiendo del fuego que se produce y que puede ser:

- CLASE A: fuego que se desarrollan sobre combustibles sólidos, como madera, papel, telas, gomas, plásticos termo-endurecibles.
- CLASE B: fuego sobre líquidos o gases combustibles tales como grasas, pinturas, aceites, ceras, solventes.
- CLASE C: fuego sobre materiales, instalaciones o equipos sometidos a la acción de la corriente eléctrica; independientemente del material que contiene los elementos energizados (tableros eléctricos, tomacorrientes, transformadores en aceite, surtidores de combustibles, máquinas eléctricas, computadoras, etc.).
- CLASE D: fuego sobre metales combustibles, como el magnesio, titanio, potasio, sodio y otros.

Para tener éxito en la utilización de los agentes extintores, es necesario conocer muy bien las clases de fuego para las que su uso es aconsejable y cómo cada agente extintor actúa sobre uno o más de los cuatro factores del tetraedro del fuego. El uso adecuado de cada uno de ellos se detalla a continuación.

a. Agua

Los equipos extintores que usan agua, ejercen su poder de extinción por el efecto de ENFRIAMIENTO, éstos son adecuados para fuegos de clase A (sólidos tales como: madera, papel, telas, gomas y otros) y no deben ser utilizados para fuegos de clase B (líquidos combustibles y gases inflamables), clase C (equipos eléctricos bajo tensión), y clase D (metales).



Figura 3 Agente extintor AGUA
Fuente: (FRANCOR, 2015)

b. Espuma

Las espumas físicas son el resultado de la combinación de agua, aire y polímeros proteínicos. Los equipos extintores que utilizan espuma, ejercen su poder de extinción por el efecto de SOFOCACIÓN que se produce al formarse

una capa ignífuga sobre el combustible y además, por el efecto de ENFRIAMIENTO, dado que la espuma es esencialmente agua, éstos son adecuados para fuegos de clase A (sólidos) y para fuegos de clase B (líquidos combustibles), es decir: madera, papel, telas, gomas, nafta, querosene, aceites y otros, con excepción de gases inflamables,. No deben ser utilizados para fuegos de clase C (equipos eléctricos bajo tensión) ni tampoco fuegos de clase D (metales).



Figura 4 Agente extintor Espuma
Fuente: (PREFIRE, 2012)

c. **Anhídrido Carbónico (CO₂)**

Los equipos que utilizan anhídrido carbónico CO₂, ejercen su poder de extinción por el efecto de SOFOCACIÓN que producen, éstos son adecuados para extinguir fuegos de clase B y fuegos de clase C, es decir: nafta, querosene, aceites, gases inflamables y equipos eléctricos bajo tensión. No son

recomendados para fuegos de clase A (sólidos) y no deben ser utilizados para fuegos de clase D (metales).



Figura 5 Agente Extintor CO2
Fuente: (SHUTTERSTOCK, 2015)

d. Polvo Químico BC

Los sistemas que utilizan polvo químico BC, que es un eficiente polvo químico seco basado en bicarbonato de sodio, ejercen su poder de extinción por el efecto de SUPRESIÓN de la reacción química, ya que la sustancia utilizada, está hecha a base de cloruro de potasio, bicarbonato de potasio, bicarbonato de sodio y/o sulfato de potasio, éstos son adecuados para extinguir fuegos de clase B (líquidos combustibles y gases inflamables) y fuegos de clase C (equipos eléctricos bajo tensión). No son recomendados para fuegos de clase A (sólidos) y no deben ser utilizados para fuegos de clase D (metales).



Figura 6 Agente Extintor Polvo AB / ABC
Fuente: (DEMSA, 2018)

e. Polvo Químico ABC

Los equipos que utilizan polvo químico ABC, polvo químico seco basado en el fosfato mono amónico, ejercen su poder de extinción por el efecto de SUPRESIÓN de la reacción química, ya que; la sustancia utilizada puede ser a base fosfato mono amónico, éstos son adecuados para la extinción de fuegos clase A (sólidos), fuegos de clase B (líquidos combustibles y gases inflamables) y para fuegos de clase C (equipos eléctricos bajo tensión de hasta 1.000 voltios). No deben ser utilizados para fuegos de clase D (metales).



Figura 7 Agente Extintor Polvo AB / ABC
Fuente: (DEMSA, 2018)

f. Halotron I

Es un agente de extinción de incendios basado en la materia prima 2,2-Dicloro-1,1,1-trifluoroetano ó HCFC-123 (93%) mezclada con tetrafluorometano y argón como propelentes, los equipos que utilizan Halotron I, ejercen su poder de extinción por el efecto de SUPRESIÓN de la reacción química, éstos poseen ventaja respecto de los polvos químicos mencionados anteriormente dado que no dejan residuos al realizar la extinción, éstos son adecuados para extinguir fuegos de clase A (sólidos), fuegos de clase B (líquidos combustibles y gases inflamables) y fuegos de clase C (equipos eléctricos bajo tensión). No deben ser utilizados para extinguir fuegos de clase D (metales).



Figura 8 Agente Extintor Halotron I
Fuente: (GRAUSER, 2017)

g. FM 200

Este agente extintor, se trata de un gas incoloro, no conductor de la electricidad y casi inodoro, es muy eficiente para la extinción de incendios de tipo A, B y C y es la sustancia que está reemplazando al Halotron I por la gran ventaja que posee, que es la de no atentar contra el medio ambiente, ni produce ningún riesgo sobre las personas ya que se trata de un agente extintor limpio.



Figura 9 Agente Extintor FM 200
Fuente: (MPI, 2015)

h. Polvos Especiales

Los medios de extinción empleados en los fuegos de Tipo D (metales), se agrupan bajo la denominación de Polvos Especiales.

Todos los metales combustibles y los que además entran fácilmente en ignición, suelen producir unas reacciones de combustión muy violentas, con procesos de oxidación de alta velocidad y fuertemente exotérmicos, con una liberación de calor por unidad de medida, mucho mayor que, por ejemplo la mayoría de los líquidos combustibles, esto se produce en el caso de que estén

en forma de polvo sedimentado. También el polvo metálico puede encontrarse en suspensión y si existe un incendio en este caso, la combustión es tan violenta que lo que se tiene es una explosión. Por estas razones, los Polvos Especiales son un conjunto de mezclas de composición y dosificación variadas las cuales están enfocadas a extinguir este tipo de fuego. Como ejemplo de estos Polvos Especiales se tiene:

- Modelo 570: contiene como agente extintor, una mezcla de cloruro de sodio en polvo seco, muy eficaz con los fuegos con magnesio, sodio, potasio o aluminio el polvo.
- Modelo 571: su contenido extintor se basa en el polvo de cobre (un agente extintor de gran capacidad), se usa sobre todo para fuegos relacionados con materiales como el litio.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los agentes extintores adecuados según la clase de fuego para los que deban ser utilizados:

Tabla 1
Agentes extintores adecuados según la clase de Fuego

AGENTE EXTINTOR	CLASE DE FUEGO		
AGUA	A		
ESPUMA	A	B	
CO2		B	C
POLVO QUÍMICO BC		B	C
POLVO QUÍMICO ABC	A	B	C
HALOTRON I	A	B	C
FM 200	A	B	C
POLVOS ESPECIALES			D

Fuente: (ISASTUR, 2010)

2.2.3. Detección de Incendios

La idea básica de un sistema de detección de incendios es la de identificar, de forma automática, el sector en donde se presenta el siniestro y dar aviso (alarma acústica y visual) de inmediato, antes de que llegue a proporciones importantes.

Todo sistema de detección de incendio debe de ser rápido y fiable al momento de detectar alguna amenaza de fuego, ya que; al ser rápido permite que los tiempos de demora en respuesta sean mínimos y logra una activación inmediata de la puesta en marcha del plan de emergencia. En un sistema de detección de incendios es indispensable presenten los siguientes elementos:

- Central de detección (CDI): que será la encargada de comunicar la alarma de incendio por medio de la activación de sirenas.
- Detector: que será el encargado de percibir las señales de alarma y enviarlas automáticamente a la CDI.
- Sirena: son las señales acústicas y/o visuales que indican la presencia de incendio.
- Pulsador: Se activan manualmente cuando una persona detecta el acontecimiento de un incendio.



Figura 10 Elementos del Sistema de Detección de Incendios
Fuente: (CENTRONIC, 2018)

Dentro de un sistema de detección de incendios, es primordial que éste sea efectivo y no genere señales falsas, para esto, se debe realizar una acertada elección de los detectores y el medio de comunicación con la central de detección.

El censado de cada ambiente se lo realiza tomando registro de algún parámetro y/o magnitud medible en el cual un valor anormal pueda ser producido por un foco de incendio Las magnitudes que en general se miden son:

- Temperatura (valor y variación en el tiempo)
- Humo
- Gases
- Radiación producida por la llama (infrarrojo menor temperatura y/o ultravioleta mayor temperatura)

Los detectores instalados en un sistema de detección, deberán censar el fuego a través de alguno de los fenómenos que le acompañan como por ejemplo: gases, humos, variaciones de temperaturas, radiación UV, visible o infrarroja. Según el fenómeno que detectan se denominan:

- Detector de gases de combustión iónico (humos visibles o invisibles).- utilizan una fuente radiactiva débil la cual ioniza el aire entre dos electrodos, creando iones positivos y negativos permitiendo de esta manera la circulación de corriente, cuando las partículas de humo se

adhieren a las partículas ionizadas del aire, reducen el flujo de corriente lo que hace que se active una alarma. Este tipo de detectores son más sensibles al humo con partículas pequeñas generado por fuego de llamas rápidas (papel, madera, líquidos combustibles). En la actualidad este tipo de detectores ya no se usan debido a fuente radiactiva que puede producir daños al ser humano.

- Detector óptico de humos o Fotoeléctrico (humos visibles).- este tipo de detectores trabaja mediante la generación de pulsos de luz infrarroja detectando cualquier reflexión de luz. Si existe humo en el detector, la luz es reflejada por las partículas de humo hacia un foto-diodo el cual genera la condición de alarma. Este tipo de detectores, son más sensitivos a humos que contienen grandes partículas de humo tales como fuegos de llama lenta, aparatos eléctricos y telas, entre otros.
- Detector de temperatura fija y Termovelocimétrico).- los de temperatura fija son los más antiguos detectores y actúan cuando se alcanza una determinada temperatura, se basan en la deformación de un bimetalo o en la fusión de una aleación (caso de los sprinklers). Los termovelocimétricos en cambio, miden la velocidad de crecimiento de la temperatura. Normalmente se regula su sensibilidad a unos $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$, éstos se basan en fenómenos diversos como la dilatación de una varilla metálica. Comparan el calentamiento de una zona sin inercia térmica con otra zona del detector provista de una inercia térmica determinada (que permite modificar la sensibilidad del

detector). Actualmente es raro encontrar instalaciones un poco grandes protegidas por detectores de temperatura fija. Se prefiere utilizar detectores termovelocimétricos que incluyen un dispositivo de detección por temperatura fija.

- Detector de radiaciones: Ultravioleta / Infrarroja (flama).- detectan las radiaciones infrarrojas o ultravioletas (según tipos) que acompañan a las llamas, contienen filtros ópticos, célula captadora y equipo electrónico que amplifica las señales; son de construcción muy complicada y requieren mantenimiento similar a los ópticos de humos. Como los fenómenos detectados aparecen sucesivamente después de iniciado un incendio, la detección de un detector de gases o humos es más rápida que la de un detector de temperatura (que precisa que el fuego haya tomado un cierto incremento antes de detectarlo).

2.2.4. Detectores de flama

Las industrias que participan en la fabricación, proceso, almacenamiento y/o transporte de material inflamable, necesitan constantemente sistemas de detección de incendios fiables y rápidos en su respuesta, cuanto más rápido sea detectado el incendio, más fácil será extinguirlo, en este sentido, los sistemas de detección de incendios, y en particular los detectores de flama ópticos, son los dispositivos más poderosos en la lucha contra el fuego, gracias a su capacidad para detectar un incendio pequeño a una gran distancia.

La planificación e instalación de detectores de flama requieren considerar la naturaleza del incendio, la zona protegida, las condiciones medioambientales, las capacidades y limitaciones del detector y las expectativas del usuario. Por ejemplo, ¿qué es más importante, seleccionar un detector que activa la alarma un segundos más rápido, o un detector con una inmunidad superior contra las falsas alarmas?

Por todas las razones expuestas anteriormente, existen varios tipos de detectores de flama disponibles en el mercado los cuales se muestran a continuación:

a. Infrarrojo Individual (IR)

Es recomendable para interiores de lugares donde se puede producir incendios por Hidrocarburos. Tienen una velocidad de respuesta moderada, sensibilidad moderada, no se ve afectado por la radiación solar y tiene un bajo costo. Tiene una limitante importante ya que está sujeto a falsas alarmas en presencia de fuentes IR centellantes.



Figura 11 Detector Infrarrojo Individual IR
Fuente: (HANWEI ELECTRONICS GROUP CORPORATION, 2018)

b. Ultravioleta Individual (UV)

Es recomendable para interiores de lugares donde se puede producir incendios por Metales, Hidrocarburos, Hidrógeno, Amoníaco y otros fuegos causados por combustibles basados en Hidrógeno. Tienen una velocidad de respuesta elevada, sensibilidad moderada, no se ve afectado por la radiación solar ni objetos calientes y tiene un costo moderado. Tiene como limitaciones las falsas alarmas a las que está expuesto en presencia de fuentes UV como son soldaduras de arco, chispas eléctricas, lámparas de halógenos, y el bloqueo que

puede presentar por causa de humo espeso, vapores y depósitos de grasa que pueden aparecer en la pantalla del detector.



Figura 12 Detector Ultravioleta Individual UV
Fuente: (DURAGGROUP, 2016)

c. Banda Dual (UV/IR)

Es recomendable para interiores y exteriores de lugares donde se puede producir incendios por Metales, Hidrocarburos, Hidrógeno, Amoníaco y otros fuegos causados por combustibles basados en Hidrógeno. Tienen una velocidad de respuesta moderada, sensibilidad moderada, bajo índice de falsas alarmas y no se ve afectado por la radiación solar, tiene un costo relativamente elevado.



Figura 13 Detector Banda Dual UV/IR
Fuente: (DURAGGROUP, 2016)

d. Triple IR (IR3)

Es recomendable para interiores y exteriores de lugares donde se puede producir incendios por Hidrocarburos. Tienen una velocidad de respuesta moderada, sensibilidad elevada, gran inmunidad a falsas alarmas y no se ve afectado por la radiación solar, tiene un costo elevado. Éstos se ven afectados por una relación UV/IR específica creada por los falsos estímulos y pueden presentar bloqueo por el humo espeso, vapores, depósitos de grasa y aceite en la ventana del detector.



Figura 14 Detector Triple IR3
Fuente: (FFE, 2015)

e. CCTV (IR3 + Video)

Es recomendable para interiores y exteriores de lugares donde se puede producir incendios por Hidrocarburos. Tienen una velocidad de respuesta moderada, sensibilidad elevada, gran inmunidad a falsas alarmas y no se ve afectado por la radiación solar, el rango de detección es más prolongado y poseen la capacidad de mostrar una imagen en video de tal manera que se puede obtener más información de la zona afectada, más información sobre el

riesgo antes y después de ocurrido el siniestro, tiene un costo más elevado.
Afectado por fuentes IR sólo a un rango corto.



Figura 15 Detector CCTV (IR3 + Video)
Fuente: (GLOBAL SOURCES, 2018)

f. Hidrógeno

Es recomendable para interiores y exteriores de lugares donde se puede producir incendios por Hidrógeno y combustibles derivados del Hidrógeno, éstos detectan llamas invisibles de Hidrógeno, no están afectados por la radiación solar, tienen gran inmunidad para las falsas alarmas y su rango de detección es

extenso. Son de costo elevado y no puede ser utilizado para detectar fuegos producidos por Hidrocarburos.



Figura 16 Detector Hidrógeno
Fuente: (HANWEI ELECTRONICS GROUP CORPORATION, 2018)

2.2.5. Sistemas Contra Incendios

Un Sistema Contra Incendios, es un conjunto de elementos que se disponen en una instalación para protegerla contra la acción del fuego, generalmente con ellas se trata de conseguir tres fines: salvar vidas humanas, minimizar las pérdidas económicas producidas por el fuego y salvaguardar el medio ambiente.

Existen varios tipos de sistemas contra incendios, ya que, dependerá de todo el entorno y de la criticidad de las actividades realizadas en ese entorno, todos ellos están clasificados según el material utilizado para apagar el fuego o bien por la naturaleza del mismo. Los incendios se producen por diferentes razones lo que conlleva a poner mucha atención a la hora de detectar las causas del mismo, de cara a utilizar un sistema u otro.

Se utilizará un sistema de extinción concreto dependiendo del foco del incendio. Para el caso de incendios provocados por combustibles sólidos, tales como madera o papel, se utiliza **agua** como sistema de extinción.

En el caso de fuegos en líquidos inflamables y combustibles, se lo tratará con **espuma** y, para la protección de recintos en los que haya sistemas electrónicos e informáticos, la fórmula será mediante **gases**, ya que el agua dañaría estos equipos. Por último, los **agentes extintores** basados en polvo tienen un alto poder de inhibición en incendios donde estén implicados combustibles líquidos o gaseosos que puedan propagarse rápido.

a. Sistemas Contra Incendios Convencionales

Son aquellos que están compuestos por dispositivos iniciadores y anunciadores que cumplen con las características requeridas sin que

necesariamente cuenten con un panel de control que especifique el lugar o zona donde se genere la alarma o el tipo de alarma.

b. Inteligentes

Son aquellos sistemas que permiten identificar en un panel central el lugar se origina la alarma del incendio, dan la alarma respectiva a los dispositivos anunciadores correspondientes y usan dispositivos programables para activar bombas, rociadores, ventiladores, válvulas solenoides, entre otros.

2.2.6. Descripción del área a proteger

El área motivo de estudio del presente proyecto, es el espacio utilizado para almacenamiento de materiales (bodega), la cual fue elegida debido al alto riesgo existente, ya que se conjuga una gran cantidad de combustibles con una geometría tal; que ayuda al rápido desarrollo de un incendio sobre todo cuando esta posee estanterías.

Si la bodega almacena repuestos metálicos o equipos eléctricos, estos muy posiblemente están individualmente envueltos en plástico y empacados en una caja de cartón. Todo este arreglo es en consecuencia muy combustible.

.Adicional a esto, existe un alto nivel de riesgo ya que las estanterías, así como el techo de la bodega, no están diseñados para resistir un incendio de libre crecimiento, por lo que colapsan rápidamente si no hay control temprano del incendio, y esto, hace que un intento de extinción interior, ya sea realizado por una brigada o por los bomberos, sea muy peligroso e ineficaz.

2.2.7. Clasificación de Mercadería Almacenada

Dentro de una bodega existen varias áreas de almacenamiento las cuales se clasifican, en el mejor de los casos, por similitud en el material, por el uso de la mercadería o simplemente por la comodidad de carga y descarga.

Para que un sistema de detección y extinción de incendios sea 100% efectivo, la clasificación de la mercadería almacenada debe estar enfocada al tipo de fuego que pueden provocar los diferentes materiales almacenados de tal manera que el agente extintor sea el adecuado.

En el presente proyecto, el sistema de detección y extinción de incendios estará enfocado en una bodega de almacenamiento de equipos eléctricos, ya que, como se explicaba anteriormente, estos muy posiblemente están envueltos en plástico, empacados en cajas de cartón, apoyados sobre soportes de madera y en algunos casos conectados para preservar sus partes.

2.2.8. Norma NFPA 72

La norma NFPA es una organización que fue formada en 1896 por iniciativa de un grupo de aseguradoras las cuales, alarmadas por las pérdidas ocasionadas por eventos de incendios encomendaron a un grupo de investigadores la misión de determinar las causas y emitir las recomendaciones necesarias para disminuir la ocurrencia de los eventos suscitado.

El resultado de las investigaciones llevaron a la conclusión de que la mayoría de eventos se daban por causa de la energía eléctrica, este hecho dio origen al primer estándar de la NFPA que estaba relacionado con las condiciones mínimas que debían contar las instalaciones eléctricas para que pudieran operar en forma segura.

En la actualidad la NFPA está dedicada a generar recomendaciones sobre la seguridad, las cuales se han convertido en norma para los Estados Unidos y han sido acogida por diferentes instituciones y gobiernos alrededor del mundo, y cuanta ya con alrededor de 70000 especialistas asociados y repartidos en diferentes países con el objetivo de reducir la ocurrencia de incendios y otros eventos peligrosos que afectan a la calidad de vida de las personas y la preservación del medio ambiente.

En la NFPA 72 se puede verificar los criterios para poder diseñar un sistema de detección contra incendios e integrarlo a otros sistemas por ejemplo el de extinción de incendios, es decir, los requisitos mínimos para diseño, instalación, pruebas y mantenimientos periódicos de una manera adecuada y eficiente, es decir, se refieren a la aplicación, instalación, ubicación, funcionamiento, inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de alarma contra incendios, sistemas de estaciones de supervisión de alarmas, sistemas de notificación de alarma de emergencia pública, equipo de alarma de incendios y sistemas de comunicación de emergencia (ECS), y sus componentes.

En esta Norma se obtiene toda la información necesaria para los sistemas de detección de incendios, dentro de los cuales podemos obtener los fundamentos de sistemas de alarmas de incendios, los equipos indicadores o alarmas de incendios, el funcionamiento e integridad de los diferentes sistemas, el funcionamiento de los circuitos que forman parte de los diferentes sistemas de detección de incendios, la activación de los sistemas de supresión, entre otros.

2.3. Selección de Componentes

2.3.1. Selección de sensores de flama

Para determinar la selección correcta de un sensor de flama, se debe tener en cuenta que éste debe ser adecuado para la situación de rápido desarrollo de incendios. De esta forma, se debe considerar lugares donde puedan presentarse llamas abiertas en interiores o exteriores ya que los detectores de flama son adecuados para incendios causados por gas o líquidos sin humo, en incendios que contienen carbono con gran cantidad de humo, en almacenes industriales, hangares, instalaciones químicas, refinerías de petróleo, salas de máquinas, centrales eléctricas, almacenes de maderas o túneles subterráneos y en líquidos inflamables, donde se podría producir incendios por líquidos en una atmósfera explosiva.

2.3.2. Selección de dispositivos de entrada y salida

Para bodegas de acopio, se tiene la necesidad de implementar un sistema inteligente de detección y extinción de fuego que cumpla con las normas competentes.

Dependiendo del tipo de material acopiado en las bodegas de almacenamiento se deberán seleccionar los dispositivos de entrada (sensores de humo, de flama y/o de gas) y los dispositivos de salida (agentes extintores, alarmas visuales y/o auditivas).

En el presente proyecto se representará, a través de un prototipo, a una bodega de almacenamiento donde se encontrarán materiales eléctricos, plástico,

madera y cartón, además de líquidos inflamables que en algunos artefactos eléctricos se encuentran presentes. Es así que el prototipo constará de:

- Detectores de Humo
- Detectores de Flama
- Detectores de Gas
- Agente extintor para fuego Tipo A, B y C (FM-200)

2.3.3. Instalación / configuración de software y tarjeta de bajo costo

En el prototipo realizado, se utilizará la plataforma Arduino que es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar.

Arduino trabaja el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros elementos.

Los proyectos de Arduino, pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador (por ejemplo con Flash, Processing, MaxMSP, etc.). Las placas se pueden ensamblar de forma manual o encargarse pre ensambladas y el software se puede descargar gratuitamente. Los diseños de referencia del hardware (archivos CAD) están disponibles bajo licencia open-

source, por lo que se puede adaptar a las necesidades presentadas en el presente proyecto.

Arduino, simplifica el proceso de trabajo con micro controladores, pero ofrece las siguientes ventajas sobre otras plataformas similares que son:

- **Bajo Costo:** las placas Arduino son relativamente baratas comparadas con otras plataformas microcontroladoras.
- **Multiplataforma:** el software de Arduino se ejecuta en sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y GNU/Linux.
- **Entorno de programación simple y claro:** el entorno de programación de Arduino es fácil de usar y suficientemente flexible para que usuarios avanzados puedan aprovecharlo.
- **Código abierto y software extensible:** el software Arduino está publicado como herramientas de código abierto, disponible para extensión por programadores experimentados.
- **Código abierto y hardware extensible:** el Arduino está basado en microcontroladores ATMEGA8 y ATMEGA168 de Atmel. Los planos para los módulos están publicados bajo licencia Creative Commons.

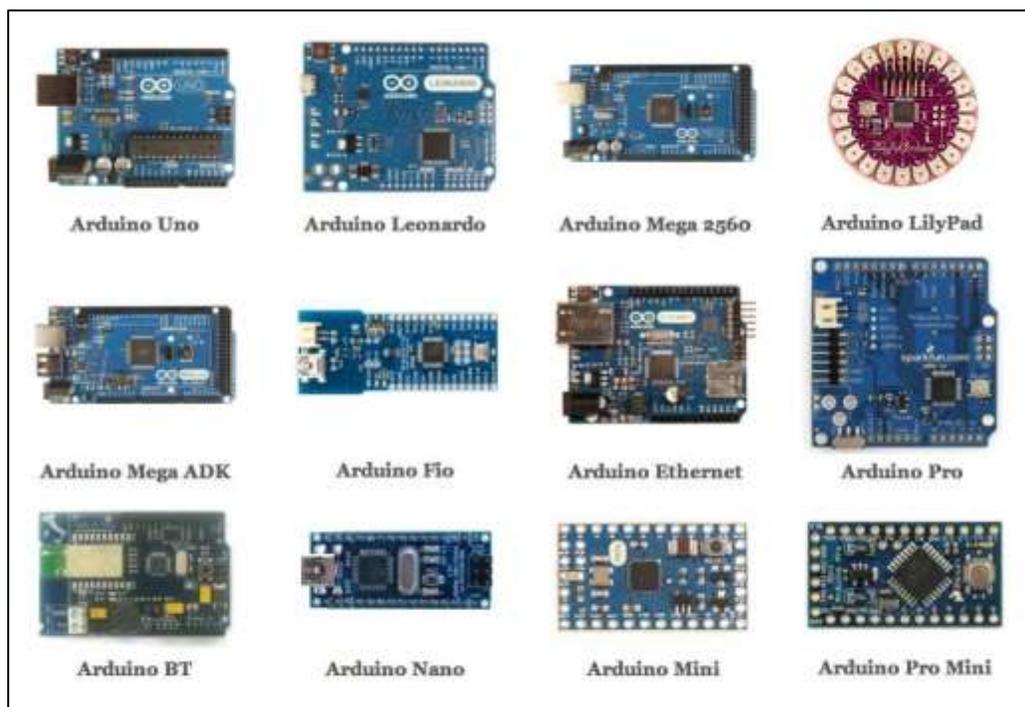


Figura 17 Tarjetas ARDUINO
Fuente: (TECNOINFE, 2014)

2.3.4. Selección de la interfaz gráfica (pantallas táctiles TFT)

Para que un sistema de Detección y Extinción de incendios tenga: un monitoreo adecuado, verifique señales falsas y reales de una manera eficiente y efectiva y posea un registro adecuado, es necesario proyectarlo a través de una interfaz gráfica.

En la actualidad existen varias tecnologías destinadas a cumplir este objetivo de las cuales se ha seleccionado las pantallas táctiles TFT por presentar las siguientes características, ventajas y desventajas:

- El dispositivo táctil TFT, es un transistor cuya capa activa transmisora de corriente es una fina película, en contraste a los transistores de efecto de campo metal-óxido-semiconductor (MOSFET), que están hechos de obleas de silicio y utilizan silicio a granel como la capa activa. Esto significa que la capa activa (que mueve la electricidad desde la parte superior de la pantalla táctil a la placa madre) del TFT es más liviana y permite una pantalla más delgada, sin comprometer su desempeño.
- Cada píxel en una pantalla TFT es respaldada por un pequeño transistor, que es mucho más eficiente que los monitores antiguos (de tubos de rayos catódicos). Las pantallas TFT de LCD pueden mostrar texto nítido, colores vívidos, animaciones rápidas y gráficos complejos.
- Esta tecnología de transistores múltiples también permite un rápido trazado de la pantalla de manera que la imagen no parpadee ni haga bandas.
- Las pantallas de TFT ofrecen una interfaz de usuario más simple y pueden ser utilizadas en lugar de las pantallas táctiles tradicionales para interruptores, conectores, cubiertas de cables y calefactores. Esto permite que un simple golpe en el monitor de la pantalla táctil controle la función de una máquina, de manera que todas las interfaces de usuario sean las mismas.



Figura 18 Dispositivo táctil TFT

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO Y LOS SISTEMAS DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS

3.1. Diseño del Sistema de Detección de Incendios

En toda edificación donde se albergan individuos y materiales con características inflamables, es importante que se disponga de un sistema de detección de incendios, el cual alertará en caso de un evento desafortunado de incendio.

En el caso de una bodega de almacenamiento de equipos eléctricos, es necesario instalar detectores de humo y flama, cuya cantidad, ubicación y espaciamiento, sea tal que proteja toda el área. Estos parámetros resultan de una evaluación basada en los lineamientos detallados en la Norma NFPA 72 la cual considera condiciones tales como:

Forma y superficie del techo

Altura del techo.

Configuración del área a proteger.

Características de la combustión de los materiales.

Ventilación.

Ambiente.

3.1.1. Selección de Detectores de Humo

Cuando se trata de la detección temprana de un incendio, son muy útiles y adecuados los detectores de humo, de esta forma, es necesario realizar una selección adecuada de la cantidad de detectores tomando en cuenta su ubicación y sensibilidad.

Para la correcta selección de los detectores de Humo, la Norma NFPA 72 recomienda tener en cuenta lo siguiente:

a. Forma, superficie, altura del techo y distribución del área a proteger según NFPA 72

Dependiendo de la forma y la superficie de la cubierta superior de un establecimiento, se puede seleccionar el detector de humo más adecuado y eficaz. Para el motivo de nuestro estudio, se toma en cuenta: un techo inclinado, de una sola agua, con una superficie aproximada de 4400 m² cuya pendiente es del 10%.

Conforme lo estipulado en la Norma NFPA 72, la distribución de los detectores para techos con pendiente, puede ser realizada de igual manera que un techo liso para áreas con techos elevados, es decir, detectores de tipo haz proyectado o tipo muestreo de aire dependiendo del acceso.

En este caso particular de estudio, se utilizará detectores de tipo muestreo de aire cuya ubicación y espaciamiento debido al área del cuarto, está dado como se muestra en la siguiente figura:

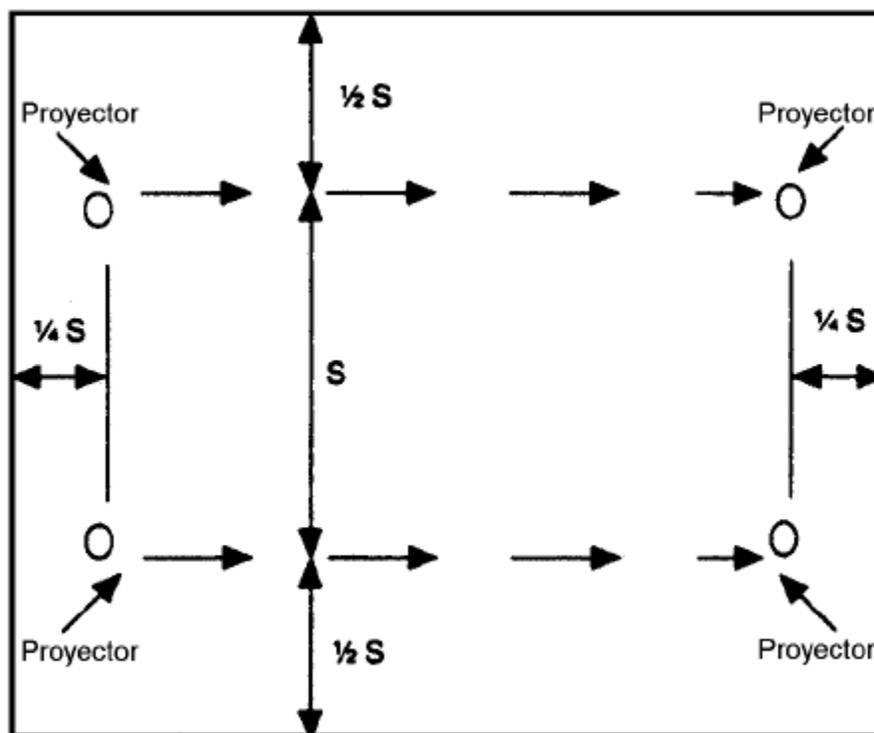


Figura 19 Espaciamiento de sensores
Fuente: (NFPA 72, 2016)

El espaciamiento S , según la norma NFPA 72, no debe ser mayor a 18.3 metros, y la distribución para nuestro caso puntual estará dado conforme a lo mostrado en los Anexos 1 y 2 (Planos de un Cuarto de Almacenamiento).

b. Características de la combustión de los materiales.

Los equipos que estarán almacenados en el área, son equipos eléctricos, los cuales, al tratarse de equipos eléctricos nuevos, podrían estar embalados con plástico y ubicados sobre pallets de madera, por esta razón, en caso de provocarse un incendio, el fuego que se presente podría ser de tipo A, B y C.

Los detectores de humo utilizados, deben ser capaces de detectar el humo generado a partir de estos 3 tipos de fuego.

Los detectores de tipo muestreo de aire, tienen la facilidad de ser configurados de tal manera que detecten cualquier variación en el aire causada por presencia de humo.

c. Ventilación y ambiente

La ventilación presente dentro del área a proteger, influye directamente en la sensibilidad de los detectores, ya que es posible que el humo no ingrese al conducto debido a la dilución con aire limpio, de esta manera, es necesario que se verifique mediante pruebas funcionales, las cuales se indican el siguiente capítulo, el correcto funcionamiento de los detectores de humo/gas y flama, conforme a las recomendaciones del fabricante.

Los detectores de humo utilizados en el presente estudio, son del tipo muestreo, los cuales son capaces de detectar la presencia de humo aun cuando en el ambiente se encuentre presencia de viento y son capaces de diferenciar humo y gas de ambientes donde pueda existir polvo.

3.1.2. Selección de Detectores de Flama

Para que el sistema de detección de incendios esté completo, es necesario, también realizar una correcta selección y colocación de detectores de flama, éstos se encargarán de complementar la detección temprana de un incendio y trabajarán en conjunto con los detectores de humo para evitar señales falsas causadas por agentes externos.

Como norma general, y según lo manifestado en la norma NFPA 72, los detectores de flama se deben ubicar a una altura equivalente al doble del objeto más alto de la zona, es decir, la distancia máxima entre el equipo y el detector no debe exceder al doble del equipo más alto almacenado teniendo en cuenta que debe tener una facilidad de acceso que permita realizar un mantenimiento periódico del detector.

Para la correcta selección del tipo y la cantidad de detectores, se debe considerar las características del detector, las características de la combustión, la velocidad del crecimiento del incendio y las condiciones del ambiente.

Los detectores de flama generalmente emplean un fotodiodo de estado sólido para detectar la energía radiante emitida por las brasas, típicamente entre 0.5 a 2 micrones.

La energía radiante que emanan las brasas o chispas, están compuestas por emisiones dentro de diferentes bandas de luz visible del espectro, las cuales dependen de la composición química del combustible, la temperatura y la tasa de combustión; de esta manera, el detector de flama seleccionado debe concordar con las características del incendio que puede producirse en la zona a proteger.

La cantidad de detectores a usar, debe ser la suficiente para que ninguno de los puntos del área de riesgo que requieran ser detectados esté obstruido o fuera del campo de visión de por lo menos un detector.

La ubicación y espaciamiento de los detectores de flama debe ajustarse empleando la ley de la inversa de los cuadrados.

En la siguiente figura, se indica el cono de visión que debe tener el detector seleccionado para poder abarcar toda el área a proteger.

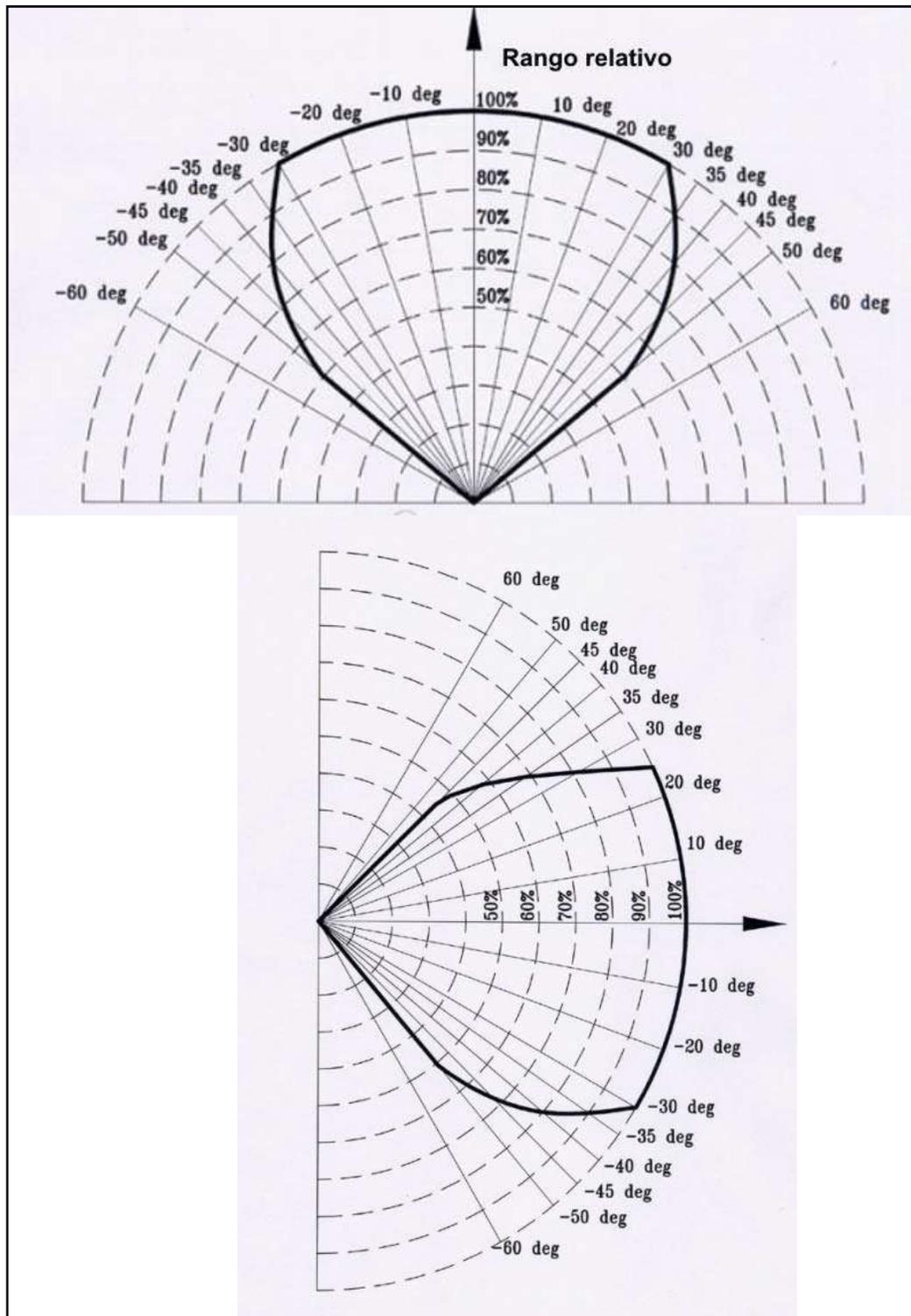


Figura 20 Rango de detección de los sensores de Flama
Fuente: (NOTIFIER, 2012)

3.1.3. Dimensionamiento del Sistema de Detección y Alarma Contra Incendio

Para dimensionar el sistema de detección y alarma contra incendios, se debe considerar, asociado a cada dispositivo iniciador o detector, un módulo de monitoreo y a cada dispositivo anunciador (alarma) un módulo de control para determinar el consumo necesario de todo el sistema cuando este esté activado.

a. Alimentación del Sistema

Para diseñar la alimentación requerida, se debe considerar la cantidad y el tipo específico de los dispositivos que conforman el sistema. Se debe tener en cuenta que, al tratarse de un sistema de seguridad, este debe tener instalaciones únicas que deben estar respaldadas de tal manera que pueda brindar atención continua e ininterrumpida.

En la siguiente tabla, se muestran los consumos en carga, de los dispositivos empleados en caso de producirse una alarma y entrar en funcionamiento el sistema:

Tabla 2
Consumos de Carga

ITEM	DISPOSITIVO	CANTIDAD	CARGA UNITARIA	CARGA TOTAL
1	Módulo de Control	1	130 mA	130 mA
2	Módulo de Monitoreo	1	130 mA	130 mA
3	Luz Estroboscópica	1	150 mA	150 mA
4	Sirena	1	150mA	150 mA
5	Detector de humo	4	130mA	520 mA
6	Detector de flama	5	150 mA	750 mA
			Total	1.83 A

Para la alimentación y el lazo de control del sistema, se debe considerar la caída de voltaje y el cable a usar.

l necesaria = 1.83 A, considerando pérdidas del 20% se consideran aproximadamente 2 A, de esta manera se puede usar cable 2*16 AWG que soporta 6 A en condiciones normales.

Si se utilizan dispositivos que consuman mayor corriente, es necesario modificar la alimentación.

b. Diseño de la interfaz de comunicación y el lazo de control

Para la cantidad de dispositivos considerados, se utilizará una interfaz RS485 de 4 hilos para comunicar todos los módulos y para la transmisión de datos se usará un par trenzado, que es alambre de cobre estándar calibre 22, 24 o 26. El cable más común tiene cuatro pares trenzados sin blindaje (UTP, unshielded twisted pair), el tamaño del alambre, el aislamiento, y el trenzado flojo reducen la capacitancia del cable, permitiendo velocidades más altas y menos atenuación de la señal.

Existen varias categorías de par trenzado: 1 y 2 se usan para líneas telefónicas, no datos digitales; para señales digitales de banda base, con una velocidad de 16 Mbps; categoría 4 con una capacidad de 20 Mbps ideales para cierto tipo de Ethernet; el mejor es el categoría 5, tiene capacidad para transportar datos digitales a una velocidad de 100 Mbps, según su longitud. Las líneas de par trenzado actúan como líneas de transmisión y su impedancia característica se encuentra en el intervalo de 100Ω a 150Ω .

En la Figura 21 se muestra el lazo de control derivado desde la interfaz a utilizar:

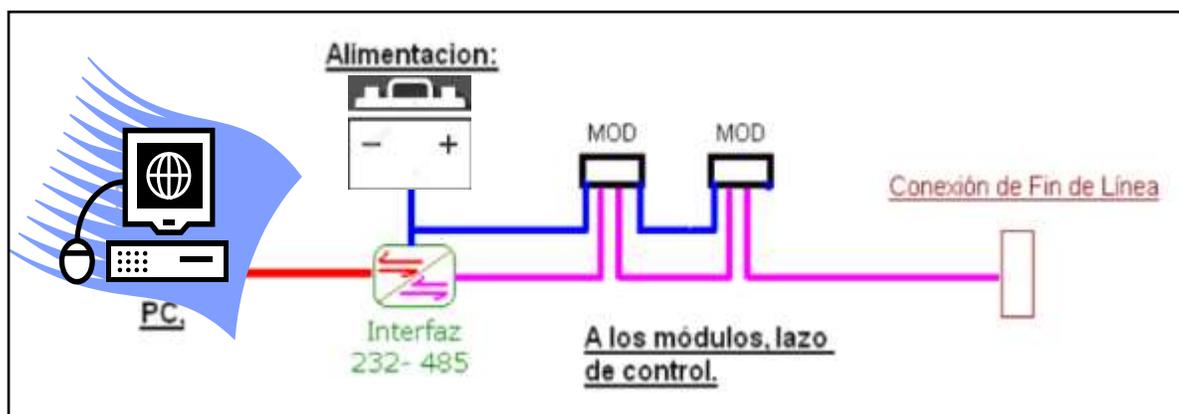


Figura 21 Lazo de control derivado desde la interfaz

3.2. Selección del Sistema de Extinción

El sistema de extinción usado, es un diseño que se basa en el uso de un agente limpio cuyas generalidades se muestran a continuación:

Corresponde a un heptafluorpropano conocido como FM 200 que es muy efectivo para la extinción de incendios clase A, B y C el cual se ha seleccionado sobre otros agentes considerando que es seguro para las personas, que no afecta el medio ambiente y que tiene la capacidad de extinguir incendios en menos de 10 segundos, por lo que permite salvaguardar la integridad de las personas, de los equipos e instalaciones.

Este tipo de sistema, es conocido como de descarga directa a baja presión, este emplea tubería que puede ser del tipo tubing de acero inoxidable, acero galvanizado,

acero negro o PVC de alta presión, el cual permite el escape del agente limpio presurizado directamente para la rápida extinción del incendio.

La descarga del agente limpio estará dada directamente por acción de los detectores de Humo y Flama los cuales envían una señal que actúa sobre la válvula solenoide que se abre y permite la descarga directa como se muestra en la siguiente figura:

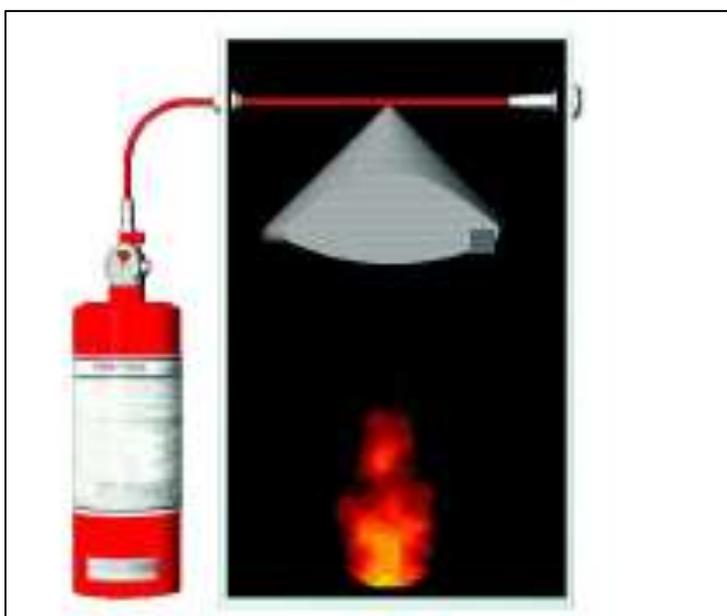


Figura 22 Activación del Agente Extintor FM-200
Fuente: (KANEX, 2018)

En el anexo 1 y 2 se puede visualizar la distribución de la tubería y la colocación del aspersor del agente limpio.

3.3. Desarrollo de la Filosofía de Operación

El sistema de detección de incendios, es el encargado de la detección de Humo y Flama a través de un sistema Fire & Gas, éste reporta eventos no deseados a través de detectores, los cuales generarán condición de alarma y, dependiendo de la condición, activarán la válvula solenoide para el accionamiento del sistema de extinción. El sistema tendrá las siguientes características:

Detección de gas combustible (Humo).

Activación de alarmas sonoras y luminosas.

Detección de flama.

Panel de Control

Botonera de accionamiento manual.

En la interfaz de operación HMI, aparecerán las alarmas de todos los detectores y también su estado de falla en el caso que se presente. En caso de activarse un detector, se activara la alarma sonora y la luz estroboscópica que notifica emergencia en la zona de manera simultánea, es decir, cuando un sensor se alarma, inmediatamente se activan las alarmas visual y sonora.

La descarga automática de agente está dada por la apertura de una electroválvula solenoide cuya señal de apertura se obtendrá por votación 2 de 2, es

decir cuando 2 detectores se activen, de tal manera que se elimine cualquier señal falsa emitida por agentes externos.

3.4. Construcción del Prototipo Bodega de Almacenamiento

3.4.1. Descripción del Prototipo Cuarto de Almacenamiento

a. Dimensión y escala utilizadas

Para la construcción del prototipo, se ha tomado como referencia un cuarto de almacenamiento de equipos eléctricos elevado, cuya cubierta es de una agua con una pendiente del 10% y una altura máxima de 43 metros.

La escala utilizada para la construcción del prototipo es de 1:100, cuya distribución y dimensiones se muestran en los anexos 1 y 2 (Planos de un Cuarto de Almacenamiento).

b. Materiales para la construcción del prototipo

En la construcción del prototipo, se utilizaron materiales accesibles y de bajo costo con los cuales se representa, a una escala menor (1:100), el cuarto de almacenamiento de materiales eléctricos.

Para la construcción de las paredes, se utilizaron láminas de cartón prensado y espuma flex; estos materiales tienen una buena resistencia al impacto ya que cuentan con propiedades como dureza y flexibilidad.

El cartón prensado tiene un acabado mate y puede cortarse con facilidad, doblarlo, pegarlo y barrenarlo para poder crear diferentes formas.

c. Fabricación de elementos a escala

Una vez ubicados los materiales para la fabricación de la maqueta, se procede a realizar un despiece con la ayuda de los planos en escala 1:100.

Utilizando el pegamento necesario y con los planos de diseño, se procede a unir los elementos a escala y prototipo según se muestra en la siguiente figura:



Figura 23 Prototipo "Cuarto de Almacenamiento de Equipos Eléctricos"

d. Fuente de alimentación

Una vez terminado el prototipo, se procede a seleccionar los diferentes elementos que serán necesarios para el montaje y adecuación de los sistemas de detección y extinción de incendios.

La fuente de alimentación de los sistemas de detección y extinción de incendios del prototipo es una fuente switching de 100 a 12 VDC, que se usa normalmente para computadores. Esta fuente soporta hasta 5 A, suficiente carga para nuestra aplicación.

e. Cables de alimentación y control utilizados.

Para el prototipo construido, se ha utilizado el cable tipo TFF 2 AWG el cual soporta 6 A en condiciones normales, es un conductor suave de cobre, flexible, posee un aislamiento en PVC resistente a la llama, resistente a la abrasión, al calor y a la humedad.

f. Detectores de Humo/ Gas

En el prototipo, se instalaron los detectores de Humo tipo MQ-2, este es un detector de Humo y Gas combustible que tiene una menor conductividad en el aire limpio y aumenta de una forma directamente proporcional a la concentración

del gas, es decir, cuando las condiciones del aire limpio cambian, este aumenta su conductividad alarmando el sistema.

El sensor MQ-2, tiene una alta sensibilidad al GLP, al propano, al metano e hidrógeno, gases que están presentes en los tipos de fuego A, B y C.



Figura 24 Sensor de Humo/Gas MQ-2
Fuente: (ELECTROCANTABRIA, 2018)

La estructura y configuración del sensor MQ-2 se muestra en la siguiente figura:

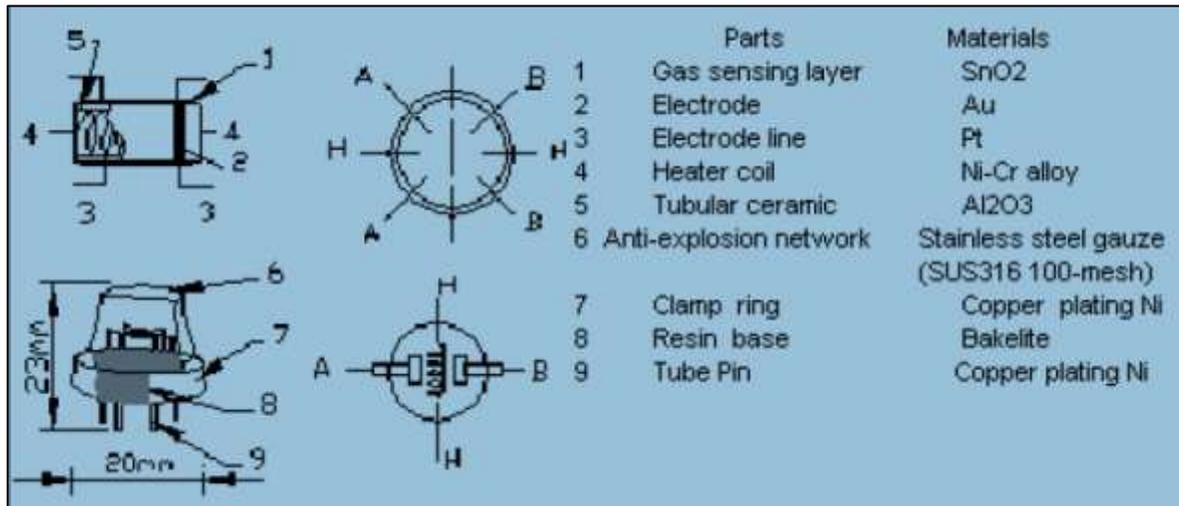


Figura 25 Estructura y configuración del sensor MQ-2
Fuente: (ELECTROCANTABRIA, 2018)

Este sensor está compuesto por:

Un tubo cerámico micro AL₂O₃, una capa sensible al dióxido de estaño (SnO₂), un electrodo de medición y un calentador, los cuales se fijan en una corteza hecha de plástico y una malla de acero inoxidable. El calentador proporciona las condiciones de trabajo necesarias para los componentes sensibles.

El MQ-2 tiene una envoltura de 6 pines, 4 de ellos se usan para buscar señales y los otros 2 se usan para proporcionar corriente de calefacción. Se ha colocado 4 detectores MQ-2 conforme la distribución que se muestra en el anexo 1 y 2 (Planos del Prototipo Cuarto de Almacenamiento).

g. Detectores de Flama

En el prototipo, se utilizó los detectores de Flama KY-26 los cuales fueron ubicados uno en cada esquina del cuarto de almacenamiento de tal manera que se pueda tener una cobertura completa del área a proteger.



Figura 26 Detector de Flama KY-26
Fuente: (ARDUINOMODULES, 2018)

Los detectores de flama instalados, permiten detectar la existencia de combustión, es decir, de un conjunto de partículas o moléculas incandescentes de materia combustible, capaces de emitir luz visible, producto de una reacción química de oxidación violenta.

El detector KY-26, es sensible a una llama y su radiación, también puede detectar fuente de luz ordinaria en el rango de una longitud de onda de 760 nm a 1100 nm. Su rango de detección es de 60 grados y su sensibilidad es ajustable.

En la siguiente figura se muestra la descripción del módulo:

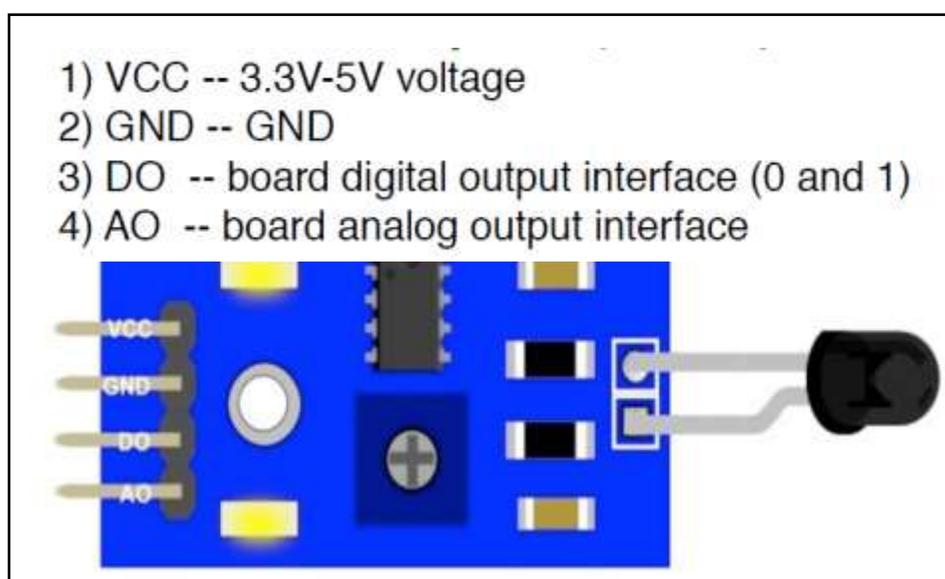


Figura 27 Descripción del módulo e interface Detector de Flama
Fuente: (ARDUINOMODULES, 2018)

h. Agente de extinción

En el prototipo construido, se simula el agente limpio FM200 mediante el uso de talco, el cual está almacenado en un tanque y es expulsado a través la una tubería PVC mediante aire a presión emitido por un soplador eléctrico, el cual está conectado directamente al tanque.

El vaciado del agente extintor (talco) está dado mediante un contacto seco que al activarse produce el encendido del soplador eléctrico, el cual inserta aire a presión al tanque que expulsa el talco a través de la tubería PVC.

El encendido del soplador eléctrico está relacionado directamente con el accionamiento de 2 o más sensores a través de un relé y un contacto seco.

i. Alarma visual y sonora

En el prototipo construido, se colocaron 2 alarmas: 1 visual y una sonora. La alarma visual es una luz estroboscópica y la alarma sonora es una sirena, alarmas que se activarán conjuntamente con los detectores de Humo y/o Flama.

La activación de estas 2 alarmas está dada automáticamente al activarse 1 o más sensores (humo y/o flama).

j. Baterías

El sistema de detección de incendios utilizados en el prototipo, como todo sistema de seguridad, tiene como respaldo de alimentación una batería recargable de 12 Voltios, la cual permitirá el funcionamiento continuo del sistema

de detección aunque exista un problema con la alimentación eléctrica de la fuente.

k. Módulo de accionamiento manual

El prototipo construido, cuenta con un pulsador para accionamiento manual del sistema de extinción de incendios, este está concatenado directamente con el contacto seco de accionamiento del soplador eléctrico que expulsa el agente extintor, este puede ser usado en caso de que se evidencie la presencia de fuego antes de que el sistema se active o cuando los detectores no se activen por alguna falla externa o por problemas propios del detector cuando ya tienen un tiempo considerable de vida sin realizar un adecuado mantenimiento.

El pulsador de accionamiento manual, estará ubicado junto a la puerta de salida, con la finalidad de que esta pueda ser activada segundos antes de evacuar el área.

3.5. Desarrollo de La Filosofía de Operación del Prototipo

El sistema de detección y extinción de incendios del prototipo construido, se encargará de detectar y de ser el caso extinguir presencia de fuego y humo, cuyas características principales son las siguientes:

- La velocidad de extinción en caso de incendio sea en un tiempo no mayor de 10 segundos luego de activado el vaciado del agente extintor.
- Que el diseño del sistema sea el adecuado, garantizando así una continua detección sin la generación de falsas alarmas.
- Detección de gas combustible (Humo/ Gas).
- Detección de flama.
- Activación de alarmas sonoras y luminosas.
- Panel de Control
- Botonera de accionamiento manual.

Al igual que el diseño nominal, en la interfaz de operación HMI, aparecerán las alarmas de todos los detectores y también su estado de falla en el caso que se presente.

En caso de activarse un detector, se activará la alarma sonora y visual que notifican emergencia en la zona de manera simultánea lo cual se visualizará en la interfaz de operación HMI.

La descarga automática de agente, está dada por la activación de un contacto seco, el cual hace las veces de la válvula solenoide, y que se obtendrá por votación 2 de 2, es decir cuando 2 detectores se activen, de tal manera que se elimine cualquier señal falsa emitida por agentes externos.

3.5.1. Componentes del Sistema

a. Panel de Control

El panel utilizado en el prototipo, es una pantalla táctil cuyo funcionamiento es similar a un teclado invisible pegado frente de un monitor, donde cada tecla es un interruptor eléctrico, cuando se presiona una de ellas se cierra un circuito y fluye una corriente la cual varía dependiendo la tecla que se oprima.

La pantalla utilizada en el prototipo es de marca Itead Studio y cuenta con las siguientes características:

Pantalla 5.0"

Resolución: 800 x 480

Pantalla TFT con interfaz TTL

Consumo de 5V y 410 mA

Memoria de 16MB

El panel de control, cumple 2 objetivos con respecto al Sistema de Detección y Extinción de Incendios real, que son: las de actuar como HMI y también como tablero de control de los sistemas de Detección y Extinción de

Incendios ya que, a través de este panel, se pueden visualizar el estatus de señales, históricos, monitorear el funcionamiento de los sistemas, activar y desactivar el Sistema de Extinción de Incendios.

b. Detectores de Humo MQ-2

Los detectores de Humo instalados son cuatro (4) del tipo MQ-2 y poseen las siguientes características:

- El material sensitivo del sensor es el Óxido de Estaño el cual tiene una conductividad menor que el aire limpio.
- Consumo de corriente cuando el dispositivo no se encuentra activo es menor a 0.1 mA.
- Posee resistencia ajustable con la cual se ajusta la sensibilidad necesaria.
- Si los sensores están expuestos a gas corrosivo de alta concentración (como H₂Sz, SOX, Cl₂, HCl, etc.), presentarán una atenuación de su sensibilidad.
- La sensibilidad de los sensores se reducirá cuando se rocíe o se sumerja en agua, por tanto es recomendable utilizarse para agentes extintores secos.
- El MQ-2 puede detectar concentraciones desde 300 hasta 10000 ppm.

- Voltaje de alimentación 5V
- Utiliza un tipo de interfaz Analógico
- Posee un circuito de accionamiento simple
- Tamaño: 40x20mm

Estos detectores cumplen la función de detectar cambios en el ambiente producidos por la presencia de Humo y/o gas que se emana de los materiales al iniciar un proceso de combustión.

c. Detectores de Flama KY-26

Los detectores de Flama instalados son cinco (5) del tipo KY-26 y poseen las siguientes características:

- Posee una estructura LED capaz de detectar llamas de longitudes de ondas entre 760 nm y los 1100nm
- Este sensor posee salida Analógico AO: salida en tiempo real, la cual está estructurada para enviar señales de voltaje análogas.
- El voltaje funcional es de 0 - 5V
- Utiliza un tipo de interfaz Analógico
- Posee un circuito de accionamiento simple
- Tamaño: 36x26mm

Estos detectores cumplen la función de enviar señales de advertencia mediante un LED indicador, si el sensor no detecta ningún tipo de señal sencillamente el LED no encenderá.

3.6. Diseño de Interfaz Gráfica (HMI)

La Interfaz Gráfica utilizada es la Nextion Enhanced, la cual es una potente pantalla TFT con 16 MB de espacio de almacenamiento de datos.

Es una solución de interfaz humana (HMI) que proporciona una interfaz de control y visualización entre el humano y el proceso, una máquina, una aplicación o un dispositivo.

Nextion contiene una parte de hardware (una serie de placas TFT) y una parte de software (el editor de Nextion), la tarjeta de placas TFT de Nextion, utiliza solo un puerto serie para comunicarse lo que da mayor facilidad con respecto al cableado que otro tipo de interfaz necesita.

Para el Diseño de la interfaz gráfica HMI, Nextion permite realizarlo sin mayor dificultad ya que tiene componentes masivos tales como botones, texto, barra de progreso y panel de instrumentos, el uso de estos componentes permite realizar las actividades de una manera rápida y eficiente. A continuación, se muestra los pasos

utilizados para diseñar y graficar una pantalla/botón en el software de Nextion, sus configuraciones y la programación del Arduino para la recepción del comando correspondiente:

3.6.1. Creación de un Archivo Nuevo

El primer paso es crear un archivo lo cual se realiza abriendo el programa Nextion Studio y dando click en archivo nuevo ***“File>New”***, se abrirá una nueva ventana donde se selecciona el tamaño de la pantalla Nextoin a utilizar conforme se muestras en las siguientes figuras:

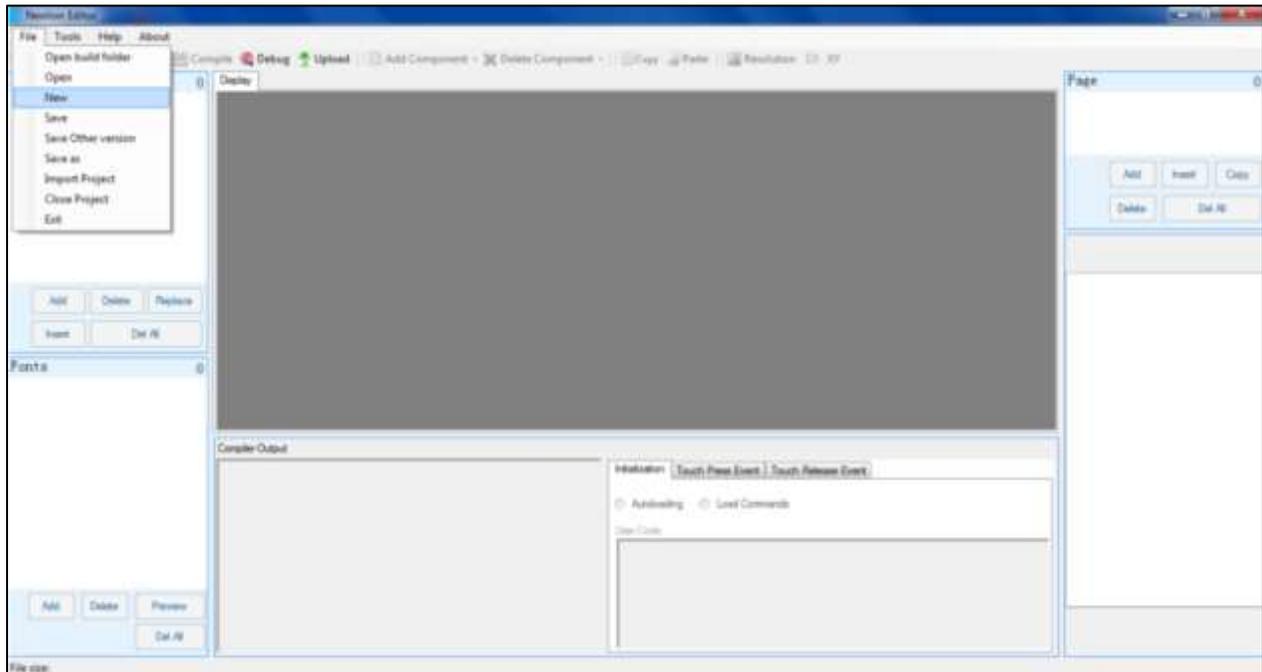


Figura 28 Pantalla de Comando "File/New"



Figura 29 Tamaño de Pantalla

3.6.2. Carga de Imágenes

Luego de seleccionado el tamaño adecuado de la pantalla, se procede a cargar las imágenes que se utilizarán en el programa usando el comando **“PICTURE”** y el comando **“ADD”** el cual proyecta una ventana nueva en donde se seleccionan las imágenes necesarias, en la parte inferior aparece un recuadro blanco esta simula nuestra pantalla, aquí podemos agregar imágenes, botones, texto, barras, etc.

Al hacer un click sobre el recuadro aparecerá una tabla del lado derecho del programa, esta nos indica las configuraciones que están disponibles, nombre del objeto, tipo de variable, fondo y color.



Figura 30 Pantalla de Comandos Add Component/Botton"

3.6.3. Configuración de Pantalla y Creación de Botones

Teniendo la pantalla cargada, se puede proceder a configurar la pantalla y crear los botones necesarios usando el comando **“ADD COMPONENT”** seleccionando la opción **“BOTTON”** el cual arroja una nueva pantalla donde se accionará el botón

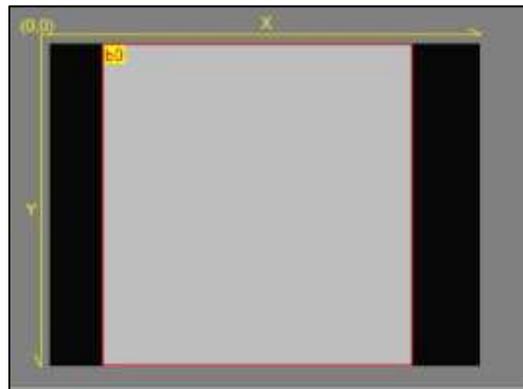


Figura 31 Pantalla de "Botton"

3.6.4. Configuración de Botones

El siguiente paso es seleccionar el botón e ingresar las configuraciones deseadas en la tabla que aparece del lado derecho, misma manera con todos los botones agregados.

ID:1 Button	
obname	b0
vscope	local
sta	crop image
picc	1
picc2	0
pcoc	0
pcoc2	0
font	0
xcen	1
ycen	1
txt	
bt-maxl	30
x	39
y	0
w	231
h	240

Figura 32 Pantalla de Configuración de Botones

3.6.5. Ingreso de la Programación

Cuando se han creado todos los botones necesarios, el siguiente paso es la programación de cada uno de ellos lo cual se realiza utilizando el comando **“Touch Release Event”**, que al activarlo se despliega una pantalla en la cual se ingresan los códigos necesarios dependiendo la función que cada uno realice.



Initialization Touch Press Event Touch Release Event(2)

Send Component ID

User Code

page 0

Figura 33 Pantalla de ingreso de la Programación

En mismo software de Nextion tiene un simulador de cómo se vería en la pantalla y con los datos que mandaría por el puerto serial. En la parte superior se encuentran los botones **“COMPILE”** y **“DEBUG”**, *el uno* indicará si hay algún error en las configuraciones y el otro dará inicio a la simulación respectivamente.

3.7. Programación de la Lógica de Control e Integración de todo el Sistema

Para la Lógica de control del prototipo, se procede a realizar la programación de cada uno de los botones en cada una de las pantallas conforme lo explicado en los anteriores puntos, con esta programación, se logrará integrar las señales de los detectores con las alarmas visual, sonora y con el sistema de extinción, es decir, con el contacto seco que activa el soplador que expulsará el agente extintor. El esquema de conexión para la integración de todo el sistema (Detección y Extinción) se muestra en la Figura 34 que se muestra a continuación:

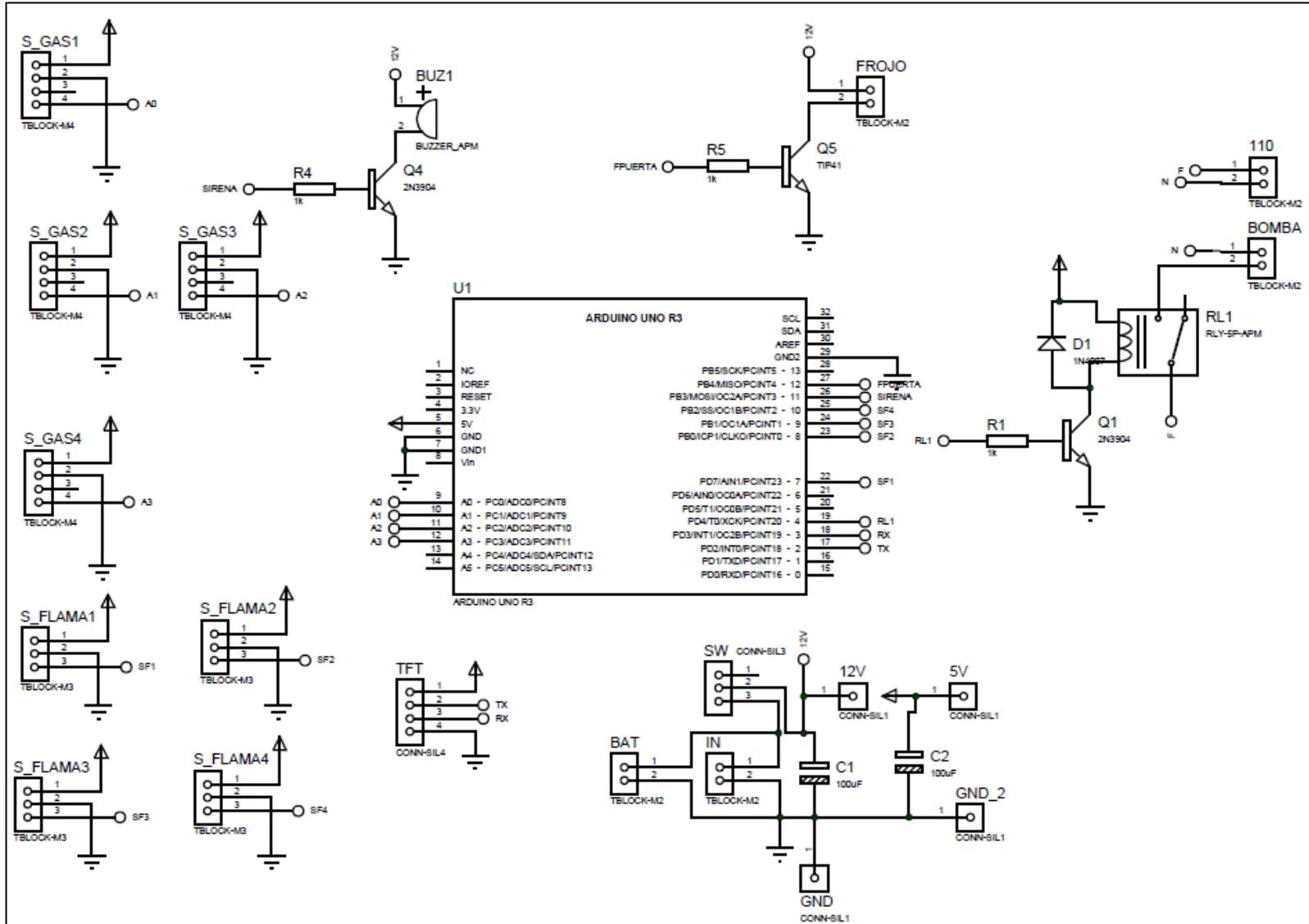


Figura 34 Diagrama de conexionado para Integración de todo el Sistema

A continuación, se indica uno a uno los comandos utilizados para la programación de los Sistemas de Detección y Extinción de incendios:

```
#include<SoftwareSerial.h>
#include <Nextion.h>
SoftwareSerial nextion(2,3);
Nextion myNextion(nextion,9600);
#define sf1 7
#define sf2 8
#define sf3 9
#define sf4 10
#define sirena 11
#define fpuerta 12
#define rele 4
// VARIABLES PARA LOS SENSORES
int s_h1= 0;
int s_h2= 0;
int s_h3= 0;
int s_h4= 0;
int s_f1=0;
int s_f2=0;
int s_f3=0;
int s_f4=0;
int s_f5=0;
```

```
///  
int pant=0;  
int cont2=0;  
int con4=0;  
int pul=0;  
/////////  
boolean s1val = 0;  
boolean s2val = 0;  
boolean s3val = 0;  
boolean s4val = 0;  
boolean s5val = 0;  
boolean s6val = 0;  
boolean s7val = 0;  
boolean s8val = 0;  
boolean s9val = 0;  
void setup() {  
    // put your setup code here, to run once:  
    Serial.begin(9600);  
    myNextion.init();  
    pinMode(5,INPUT_PULLUP);  
    pinMode(6,INPUT_PULLUP);  
  
    pinMode (sf1, INPUT);  
    pinMode (sf2, INPUT);
```

```
pinMode (sf3, INPUT);
pinMode (sf4, INPUT);
pinMode (sirena, OUTPUT);
pinMode (fpuerta, OUTPUT);
pinMode (rele, OUTPUT);
pinMode (A0, INPUT);
pinMode (A1, INPUT);
pinMode (A2, INPUT);
pinMode (A3, INPUT);
pinMode (A4, INPUT);
pinMode (A5, INPUT);
}
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  String message = myNextion.listen();
  delay (100);
  Serial.println(message);
  s_h1= analogRead(A0);
  s_h2= analogRead(A1);
  s_h3= analogRead(A2);
  s_h4= analogRead(A3);
  s_f1=digitalRead(sf1);
  s_f2=digitalRead(sf2);
  s_f3=digitalRead(sf3);
```

```
s_f4=digitalRead(sf4);  
s_f5=analogRead(A5);  
////////// ACTIVAR BOTON DE BOMBA  
if(message == "65 4 1 1 ffff ffff ffff"){  
    digitalWrite(rele,HIGH);  
    delay(3000);  
    digitalWrite(rele,LOW);  
}  
////////// reset  
if (message == "65 2 1 1 ffff ffff ffff" ) {  
    delay(1000);  
    pant=0;  
    // cont2=0;  
    // cont=0;  
    digitalWrite(fpuerta,LOW);  
    digitalWrite(sirena,LOW);  
}  
if (message == "65 1 3 1 ffff ffff ffff" ) {  
    delay(1000);  
    pant=0;  
    cont2=0;  
    //cont=0;  
    digitalWrite(fpuerta,LOW);  
    digitalWrite(sirena,LOW);
```

```
}  
  
if (message == "65 4 2 1 ffff ffff ffff") {  
    delay(1000);  
  
    pant=0;  
  
    cont2=0;  
  
    //cont=0;  
  
    digitalWrite(fpuerta,LOW);  
  
    digitalWrite(sirena,LOW);  
  
}  
  
////////// FIN MOTOR DE BOMBA  
  
if (message == "65 1 1 1 ffff ffff ffff") {  
    pant=1;  
  
}  
  
if(pant==1){  
    String message = myNextion.listen();  
  
    int cont=0;  
  
    if(s_h1>11){  
        myNextion.setText("page2.t0", "OK");  
  
        cont++;  
  
    }  
  
    if(s_h2>20){  
        myNextion.setText("page2.t1", "OK");  
  
        cont++;  
  
    }  
  
}
```

```
if(s_h3>20){
    myNextion.setComponentText("page2.t2", "OK");
    cont++;
}
if(s_h4>30){
    myNextion.setComponentText("page2.t3", "OK");
    cont++;
}
/////OFF
if(s_h1<11){
    myNextion.setComponentText("page2.t0", "G1");
}
if(s_h2<20){
    myNextion.setComponentText("page2.t1", "G2");
}
if(s_h3<20){
    myNextion.setComponentText("page2.t2", "G3");
}
if(s_h4<26){
    myNextion.setComponentText("page2.t3", "G4");
}
/////SENSOR DE FLAMA
if(s_f1==LOW){
    myNextion.setComponentText("page2.t4", "OK");
```

```
    cont++;  
}  
if(s_f2==LOW){  
    myNextion.setComponentText("page2.t5", "OK");  
    cont++;  
}  
if(s_f3==LOW){  
    myNextion.setComponentText("page2.t6", "OK");  
    cont++;  
}  
if(s_f4==LOW){  
    myNextion.setComponentText("page2.t7", "OK");  
    cont++;  
}  
if(s_f5<=1000){  
    myNextion.setComponentText("page2.t8", "OK");  
    cont++;  
}  
if(s_f1==HIGH){  
    myNextion.setComponentText("page2.t4", "F1");  
}  
if(s_f2==HIGH){  
    myNextion.setComponentText("page2.t5", "F2");  
}
```

```
if(s_f3==HIGH){
    myNextion.setComponentText("page2.t6", "F3");
}
if(s_f4==HIGH){
    myNextion.setComponentText("page2.t7", "F4");
}
if(s_f5>1000){
    myNextion.setComponentText("page2.t8", "F5");
}
if(cont>=1){
    digitalWrite(sirena,HIGH);
    digitalWrite(fpuerta,HIGH);
}
else if(cont<=0){
    digitalWrite(sirena,LOW);
    digitalWrite(fpuerta,LOW);
}
if (message == "65 2 1 1 ffff ffff ffff") {
    delay(1000);
    pant=0;
    cont2=0;
    cont=0;
    digitalWrite(fpuerta,LOW);
    digitalWrite(sirena,LOW);
}
```

```
}  
    delay(100);  
}  
  
//////////PANTALLA 2  
  
if (message == "65 1 2 1 ffff ffff ffff") {  
    pant=2;  
}  
  
if(pant==2){  
    int pul23=digitalRead(6);  
  
    if(pul23==LOW){  
        digitalWrite(rele, HIGH);  
        delay(3000);  
        digitalWrite(rele,LOW);  
    }  
  
    String message = myNextion.listen();  
  
    int cont=0;  
  
    if(s_h1>11){  
        cont++;  
        s1val = 1;  
        myNextion.setComponentText("page3.t0", "ON");  
    }  
  
    if(s_h2>20){  
        cont++;
```

```
s2val = 1;
myNextion.setText("page3.t1", "ON");
}
if(s_h3>20){
    cont++;
    s3val = 1;
    myNextion.setText("page3.t2", "ON");
}
if(s_h4>26){
    cont++;
    s4val = 1;
    myNextion.setText("page3.t3", "ON");
}
////OFF
if(s_h1<11){
    myNextion.setText("page3.t0", "OFF");
}
if(s_h2<20){
    myNextion.setText("page3.t1", "OFF");
}
if(s_h3<20){
    myNextion.setText("page3.t2", "OFF");
}
if(s_h4<26){
```

```
    myNextion.setComponentText("page3.t3", "OFF");
}

/////SENSOR DE FLAMA

if(s_f1==LOW){
    cont++;
    s5val = 1;
    myNextion.setComponentText("page3.t4", "ON");
}

if(s_f2==LOW){
    cont++;
    s6val = 1;
    myNextion.setComponentText("page3.t5", "ON");
}

if(s_f3==LOW){
    cont++;
    s7val = 1;
    myNextion.setComponentText("page3.t6", "ON");
}

if(s_f4==LOW){
    cont++;
    s8val = 1;
    myNextion.setComponentText("page3.t7", "ON");
}

if(s_f5<1000){
```

```
cont++;

s9val = 1;

myNextion.setComponentText("page2.t8", "ON");
}

if(s_f1==HIGH){

    myNextion.setComponentText("page3.t4", "OFF");

}

if(s_f2==HIGH){

    myNextion.setComponentText("page3.t5", "OFF");

}

if(s_f3==HIGH){

    myNextion.setComponentText("page3.t6", "OFF");

}

if(s_f4==HIGH){

    myNextion.setComponentText("page3.t7", "OFF");

}

if(s_f5>1000){

    myNextion.setComponentText("page3.t8", "OFF");

}

////////// PANTALLA HISTORIAL 3

if(s1val == 1){

// Serial.println("OK1");

    myNextion.setComponentText("page3.t0", "ON");

}
```

```
if(s2val == 1){
    //Serial.println("OK2");
    myNextion.setComponentText("page3.t1", "ON");
}
if(s3val == 1){
    //Serial.println("OK3");
    myNextion.setComponentText("page3.t2", "ON");
}
if(s4val == 1){
    myNextion.setComponentText("page3.t3", "ON");
}
if(s5val == 1){
    myNextion.setComponentText("page3.t4", "ON");
}
if(s6val == 1){
    // Serial.println("OK6");
    myNextion.setComponentText("page3.t5", "ON");
}
if(s7val == 1){
    //Serial.println("OK7");
    myNextion.setComponentText("page3.t6", "ON");
}
if(s8val == 1){
    //Serial.println("OK8");
```

```
    myNextion.setComponentText("page3.t7", "ON");
}

if(s9val == 1){

    //Serial.println("OK8");

    myNextion.setComponentText("page3.t8", "ON");

}

///////// CONDICIONAL

if(cont>0){

    //myNextion.setComponentText("page3.t8", "");

    digitalWrite(sirena,HIGH);

    digitalWrite(fpuerta,HIGH);

}

///////// RESETEO DE SENSORES //////////

if (message == "65 3 1 1 ffff ffff ffff") {

    delay(1000);

    pant=0;

    cont2=0;

    cont=0;

    s1val = 0;

    s2val = 0;

    s3val = 0;

    s4val = 0;

    s5val = 0;

    s6val = 0;
```

```
s7val = 0;

s8val = 0;

s9val = 0;

digitalWrite(fpuerta,LOW);

digitalWrite(sirena,LOW);

}

pul=digitalRead(5);

//APAGADO DE SENSORES ////

if (message == "65 3 b 1 ffff ffff ffff" || message == "65 3 b 0 ffff ffff ffff"

|| pul==LOW) {

    cont=0;

    digitalWrite(fpuerta,LOW);

    digitalWrite(sirena,LOW);

}

// PARTE FINAL

if(cont>1){

    delay(2000);

    myNextion.sendCommand("page 4");

    delay(4000);

    digitalWrite(rele,HIGH);

    digitalWrite(fpuerta,HIGH);

    digitalWrite(sirena,HIGH);

    delay(5000);

    digitalWrite(rele,LOW);
```

```
delay(2000);

myNextion.sendCommand("page 5");

//PANTALLA HISTORIAL

if(s1val == 1){
// Serial.println("OK1");

myNextion.setComponentText("page5.t0", "ON");
}

else if(s1val == 0){

myNextion.setComponentText("page5.t0", "OFF");
}

if(s2val == 1){

//Serial.println("OK2");

myNextion.setComponentText("page5.t1", "ON");
}

else if(s2val == 0){

myNextion.setComponentText("page5.t1", "OFF");
}

if(s3val == 1){

//Serial.println("OK3");

myNextion.setComponentText("page5.t2", "ON");
}

else if(s3val == 0){

myNextion.setComponentText("page5.t2", "OFF");
}
}
```

```
if(s4val == 1){
    myNextion.setComponentText("page5.t3", "ON");
}
else if(s4val == 0){
    myNextion.setComponentText("page5.t3", "OFF");
}
if(s5val == 1){
    myNextion.setComponentText("page5.t4", "ON");
}
else if(s5val == 0){
    myNextion.setComponentText("page5.t4", "OFF");
}
if(s6val == 1){
    // Serial.println("OK6");
    myNextion.setComponentText("page5.t5", "ON");
}
else if(s6val == 0){
    myNextion.setComponentText("page5.t5", "OFF");
}
if(s7val == 1){
    //Serial.println("OK7");
    myNextion.setComponentText("page5.t6", "ON");
}
else if(s7val == 0){
```

```
    myNextion.setComponentText("page5.t6", "OFF");
}
if(s8val == 1){
    //Serial.println("OK8");
    myNextion.setComponentText("page5.t7", "ON");
}
else if(s8val == 0){
    myNextion.setComponentText("page5.t7", "OFF");
}
if(s9val == 1){
    //Serial.println("OK8");
    myNextion.setComponentText("page5.t8", "ON");
}
else if(s9val == 0){
    myNextion.setComponentText("page5.t8", "OFF");
}
//}
}
// delay(100);

////////// SILENCIAR

    if (message == "65 5 1 1 ffff ffff ffff" || message == "65 5 1 0 ffff ffff ffff") {
    digitalWrite(fpuerta,LOW);
    digitalWrite(sirena,LOW);
}
}
```

```
//// BOTON RESET

if (message == "65 5 2 1 ffff ffff ffff" || message == "65 5 2 0 ffff ffff ffff") {

    s1val = 0;

    s2val = 0;

    s3val = 0;

    s4val = 0;

    s5val = 0;

    s6val = 0;

    s7val = 0;

    s8val = 0;

    s9val = 0;

    digitalWrite(fpuerta,LOW);

    digitalWrite(sirena,LOW);

    delay(2000);

    myNextion.sendCommand("page 1");

    pant=0;

    cont2=0;

}

}

/// PANT REGRESO

if (message == "65 4 2 1 ffff ffff ffff") {

    pant=0;
```

```
cont2=0;

digitalWrite(fpuerta,LOW);

digitalWrite(sirena,LOW);

}

//////// RESETEO DE SENSORES //////////

if (message == "65 3 1 1 ffff ffff ffff") {

    pant=0;

    cont2=0;

    //cont=0;

    digitalWrite(fpuerta,LOW);

    digitalWrite(sirena,LOW);

}

////////APAGADO DE SENSORES //////////

if (message == "65 3 b 1 ffff ffff ffff") {

    // cont=0;

    digitalWrite(fpuerta,LOW);

    digitalWrite(sirena,LOW);

}

}
```

CAPÍTULO 4

4. PRUEBAS FUNCIONALES Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las pruebas funcionales integradas de los sistemas de detección y extinción de incendios, son un beneficio general para los proyectos, con su enfoque sensato que ayudará a validar el diseño del sistema previsto, los criterios de rendimiento y la instalación y operación adecuada de estos sistemas.

La NFPA, define a las pruebas funcionales como un proceso sistemático que proporciona una confirmación de que los sistemas funcionan de acuerdo con los criterios de diseño previstos y satisfacen las necesidades operativas del propietario, incluido el cumplimiento de las leyes, regulaciones, códigos y estándares aplicables.

Es fundamental que se desarrolle un plan de pruebas con escenarios integrales identificados. Los distintos escenarios de prueba pueden incluir: una prueba de sistema individual, una prueba de sistema integrada que verifique la secuencia de operación y/o pruebas integradas entre sistemas múltiples.

También es importante probar no solo lo que se supone que deben hacer los sistemas, sino también lo que se supone que no deben hacer.

4.1. Pruebas Funcionales del Sistema

4.1.1. Procedimiento de Pruebas Funcionales de los Sistemas de Detección y Extinción de Incendios

Este procedimiento tiene como objetivo establecer el listado de pruebas que se deben realizar en un sistema de detección y extinción de incendios una vez finalizada la instalación, de tal manera que, se pueda verificar que:

- El sistema funcione correctamente,
- El rendimiento del sistema instalado cumpla con la intención de diseño,
- La presencia y el correcto funcionamiento de los dispositivos de seguridad, protección, alarma y
- Se determine la línea de base para su operación y mantenimiento.

Las pruebas a realizarse se detallan a continuación:

4.1.2. Pruebas Funcionales a los detectores de Humo/Gas y Flama

Las pruebas realizadas a los detectores de Humo/Gas y Flama, se ejecutaron en un ambiente cerrado el cual permitió simular diferentes eventos para comprobar la detección en condiciones reales.

a. Pruebas de Detectores MQ-2 mediante Humo/Gas real

Para comprobar el correcto funcionamiento de los detectores de Humo/Gas, se procedió a verificar cada detector usando Humo Real, que proviene de materiales específicos (plástico, papel, cartón, caucho, alcohol) a varias distancias de aproximación al detector conforme lo indica el fabricante con la finalidad de producir diferentes perturbaciones para conocer el comportamiento de cada uno de los sensores. De igual manera, se procede a realizar la prueba usando Gas el cual puede ser propano o butano o cualquier gas conforme lo indica en la curva de detección del detector usado (QM-2) siguiente:

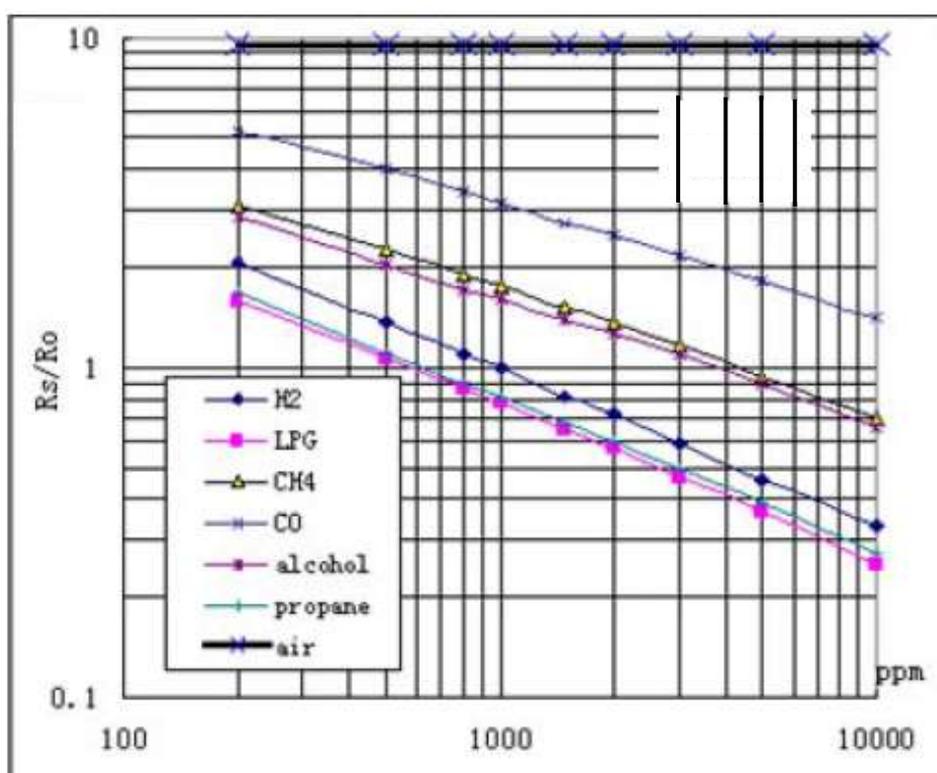


Figura 35 Características de Detección Sensor MQ-2
Fuente: (Hoja Técnica Sensor MQ-2)

El MQ-2, la relación de resistencia de medias (R_s / R_o), se encuentra en el eje de las ordenadas y en las el eje de las abscisas la concentración de gases. R_s significa resistencia en diferentes gases, R_o significa sensor de resistencia en 1000 ppm de Hidrógeno.

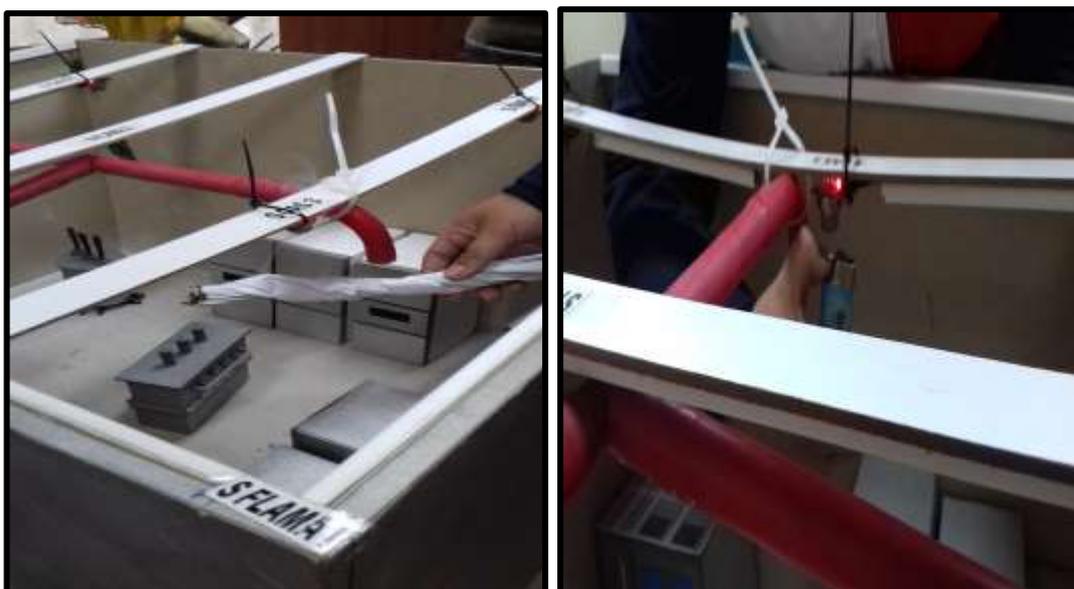


Figura 36 Prueba a Detectores de Humo/Gas con humo real



Figura 37 Visualización en la interfaz HMI

b. Pruebas de Detectores KY-26 mediante fuego real

Para comprobar el correcto funcionamiento de los detectores de Flama, se procede a usar Fuego Real como se ilustra en la Figura 38.

El sensor funciona entre las longitudes de onda infrarroja 760 nm a 1100nm, es decir, este debe activarse inmediatamente al detectar luz a esas longitudes de onda, en este caso el fuego producido por un encendedor.



Figura 38 Pruebas a los detectores de Flama con fuego real



Figura 39 Visualización en la interfaz HMI

c. Pruebas Funcionales de alarmas Visual y Sonora

Las alarmas visual y sonora, están relacionadas directamente con la activación de los detectores de Humo/Gas y Flama.

Cuando uno o más detectores se alarman, automáticamente deben entrar en funcionamiento las alarmas visual y sonora las cuales deberán permanecer activadas hasta que se detenga su funcionamiento desde el HMI o desde el pulsador de Silenciar y Reset existentes.

La prueba consiste en alarmar cada uno de los detectores y verificar que las alarmas visual y sonora entren en funcionamiento hasta que se reinicie el sistema.

d. Pruebas funcionales del Sistema de Extinción

En el caso del sistema de extinción, se realizaron varias pruebas de activación, conforme lo indicado en la Filosofía de Operación, es decir, respetando la votación 2 de 2.

Para comprobar que el Sistema de Extinción funcione correctamente se realizaron todas las combinaciones posibles, tomando en cuenta que se

tienen 4 detectores de Gas QM-2 y 5 detectores de flama KY-26 de la siguiente manera:

Se alarma 1 detector de Humo/Gas y 1 detector de Flama.

Se alarman 2 detectores de Humo/Gas

Se alarman 2 detectores de Flama



Figura 40 Activación del Sistema de Extinción



Figura 41 Visualización en la interfaz HMI

4.2. Análisis de Resultados

4.2.1. Resultados Obtenidos

De las pruebas realizadas se obtuvieron resultados favorables los cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 3

Rango de Lectura de Los Sensores de Humo/Gas y Flama

SENSORES	MQ-2 GAS/HUMO [PPM]	KY-26 FLAMA [NM]
RANGO DE DETECCIÓN	100-999	999-100
PRECISIÓN	ALTA	ALTA

Tabla 4

Funcionamiento del Sistema de Detección y Extinción de Incendios

	PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN	DETECCIÓN DE EVENTOS	TIEMPO DE RESPUESTA
SISTEMA DE DETECCIÓN	POR CADA DETECTOR	OK	15 SEGUNDOS
ALARMA VISUAL	POR CADA DETECTOR	OK	INMEDIATO
ALARMA SONORA	POR CADA DETECTOR	OK	INMEDIATO
SISTEMA DE EXTINCIÓN	VOTACIÓN 2 DE 2	OK	6 SEGUNDOS

4.2.2. Discusión de Resultados

Mediante las pruebas realizadas a los detectores de Humo/Gas, se puede constatar que su detección es independiente de la distancia a la que se genera la perturbación, sino que depende de la concentración de la misma en el aire, esto lleva a establecer un rango de funcionamiento entre 100 - 999 [ppm] partículas por millón.

Se puede afirmar que en el valor 100 existe la presencia mínima de gas/humo y en el valor 999 existe la presencia máxima de gas/humo que detecta este sensor. Esta variación permite configurar la sensibilidad de detección tomando en cuenta el tamaño del ambiente, una vez que en dependencias mayores necesitara mayor cantidad de gas/humo para elevar la concentración en el aire y el sensor pueda detectar.

De las pruebas realizadas al detector de Flama, se verificó que éste es afectado levemente por perturbaciones de luz fluorescente, incandescente y luz solar. Por ello se define el rango de funcionamiento entre 999 – 100 [nm] (nano metro). La escala se describe de mayor a menor por cuestiones de su estructura pudiendo afirmar que en el valor 999 existe la presencia mínima de llama y en el valor 100 existe la presencia máxima de llama que detecta este sensor. Esta variación puede ser utilizada para configurar su sensibilidad de detección.

Según los resultados de la Tabla 4, se pueden apreciar que la respuesta del sistema fue satisfactoria con tiempos de respuestas mínimos, en todos los casos fueron detectados los eventos.

Las alarmas visual y sonora entran en funcionamiento conjuntamente con la activación de cualquiera de los detectores, lo cual es satisfactorio.

El tiempo de respuesta del peor caso no superó los 15 segundos en todas las posibles combinaciones para el 2 de 2, demostrando con éstos ensayos el correcto funcionamiento con mediciones y actuaciones confiables y estables en todos los escenarios posibles de funcionamiento.

Adicionalmente, se realizaron pruebas del Sistema en modo manual a los sensores, alarmas visual y sonora y a la activación del Sistema de Extinción de la siguiente manera:

Cuando el sistema está en la opción manual, se prueban los sensores acercándole llama o gas/humo, dependiendo el sensor, cuya respuesta es no mayor a 1 segundo, es decir se activa inmediatamente y las alarmas visual y sonora se activan simultáneamente.

Para el caso de la activación del Sistema de Extinción, se verificó el encendido del soplador luego de pulsar el botón de activación manual.

4.3. Análisis Económico

Para el desarrollo del proyecto, fue importante realizar un análisis económico el cual permitió determinar la factibilidad de su aplicación y la diferencia que existe entre los sistemas existentes y el prototipo motivo de nuestro estudio.

Los Costos promedio de un sistema de Detección y Extinción de Incendios se detallan en las siguientes tablas donde se muestran los valores de los elementos usados generalmente, los gastos necesarios para la implementación y los gastos administrativos generados.

Tabla 5
Costos de un Sistema de Detección y Extinción de Incendios Tradicional

CANTIDAD	DETALLE	PRECIO	IVA	TOTAL
1	Central Contra Incendio FPD 7024	990	118.80	1108.8
1	Módulo Expansor de lazo direccionable PAN MULTIPLEX D7050	150	18.00	168
4	Detector de Humo D7050	622	298.56	2786.6
5	Detector de Flama	540	324.00	3024
1	Sirena Contra Incendios	91	10.92	101.92
1	Luz Estroboscópica	89	10.68	99.68
1	Pantalla Siemens KTP600 PN	500	60.00	560
1	Set de Supresión FM200	1100	132.00	1232
1	Software del Sistema	437	52.44	489.44
TOTAL				9570.4

Tabla 6
Costos del Sistema de Detección y Extinción de Incendios Usado en el Prototipo

CANTIDAD	DETALLE	PRECIO	IVA	TOTAL
1	Pantalla TFT	95.2	11.42	106.62
1	Batería Recargable	13.48	1.62	15.098
1	Fuente	12.95	1.55	14.504
5	Módulo KY-26	4.91	2.95	27.496
4	Módulo MQ-2	4.92	2.36	22.042
1	TIP41C-NPN	0.4	0.05	0.448
1	Buzzer Activo (sirena)	0.58	0.07	0.6496

1	Arduino 1	12.05	1.45	13.496
	TOTAL			200.36

Considerando que, los costos necesarios para la implementación y los gastos administrativos generados son los mismos para cualquiera de los 2 sistemas, se verifica claramente que el proyecto es de bajo costo y factible su aplicación en prototipos que muestran el funcionamiento de los Sistemas de Detección y Extinción de incendios.

La NFPA, año tras año, mantiene cifras sobre el costo del fuego en los Estados Unidos de América, así lo señalan en el informe “The total cost of fire in the United States” escrito por John R. Hall, en este artículo se indica que; para contabilizar el costo del fuego a nivel país, se debe tomar en cuenta los costos directos, daños a la propiedad, costo de formación en la carrera de bomberos, los costos netos de coberturas de seguros, nueva infraestructura para prevención de incendios, costo a tomar en cuenta si se pagaría a los bomberos voluntarios y el costo de los bomberos y personas civiles que pierden la vida o quedan lesionados a causa del fuego, de tal manera que, el beneficio de tener un sistema de prevención de incendios no solo tiene que ver con el salvaguardar los bienes materiales, que de hecho están protegidos por una póliza de seguro de incendios, sino también el ahorro de rubros a desembolsar el momento que ocurra un siniestro.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El diseño de un sistema de protección de contra incendios, como el realizado durante este trabajo, debe ser ejecutado responsablemente, lo cual implica un seguimiento riguroso a la literatura existente en materia de protección.

Se han realizado muchos estudios sobre los efectos del humo en los seres humanos, igualmente sobre las pérdidas humanas y materiales que llevan consigo los incendios, pero en materia de protección las autoridades locales se limitan a hacer exigencias mínimas que dejan muchos vacíos en materia de diseño, debido a que en términos constructivos, existen muchas diferencias entre el lugar para el cual fueron concebidas y los lugares donde van a ser aplicadas.

A partir de una caracterización del espacio y el uso de las normas se puede realizar un diseño, aunque básico, primordial para satisfacer los objetivos de protección.

Es así que, el estudio realizado es de mucha importancia del cual se puede concluir que:

Uno de los puntos más importantes en la lucha contra el fuego, es poder disponer de una buena instalación de detección y extinción automática de incendios, el tipo de sistema definitivo, así como los componentes seleccionados, dependen de la construcción y sus usos, el tipo de ocupantes, las normas obligatorias por la que se debe regir, el valor de su contenido y su trascendencia para la misión.

Las características que debe valorar cualquier sistema de detección y extinción de incendios en su conjunto son: la rapidez y la fiabilidad al momento de su operación.

Un sistema automático de detección, no puede nunca sustituir totalmente al elemento humano, por esa razón es importante colocar elementos de activación manual los cuales se puedan usar en caso de alguna falla en el sistema automático.

Para asegurar un buen servicio de detección, los detectores y los sistemas de detección de incendio deberán ser probados y ajustados de una manera adecuada, con el fin de asegurar su forma de operación y de confiabilidad.

El desarrollo de una interfaz sencilla como la que permite ARDUINO, además de reducir los costos de adquisición de hardware necesario, también permite gestionar la información de manera sistematizada y de acceso múltiple en cualquier localidad.

El éxito de un Sistema integral de Detección y Extinción de incendios, está dado principalmente por la correcta selección de los dispositivos indicadores, es decir, los sensores de Gas, Humo y Flama, ya que estos dispositivos son los que se encargarán de iniciar el funcionamiento del sistema Integral.

La selección de los dispositivos indicadores está directamente influenciada por el material a proteger, es decir, la selección de estos dispositivos dependerá del tipo de elemento que se encuentre dentro del área. La selección adecuada de los sensores hizo que el proyecto cumpliera con las tareas asignadas adecuada y eficientemente, es así como se puede observar que se puede trabajar con elementos de bajo costo, siempre y cuando cumpla con las necesidades requeridas.

5.2. Recomendaciones

Es recomendable, dedicar la mayor cantidad de recursos a la prevención y desarrollar una cultura interna que evite en lo posible cualquier clase de incidente relacionado con el fuego.

La capacitación constante, tanto teórica como práctica, será su mejor aliado en la Prevención y el Combate de Incendios, por tal motivo es recomendable capacitarse continuamente sobre los procesos instalados y sobre los avances y mejoras ya que estos permitirán mejorar los sistemas y en la mayoría de los casos reducir los costos de aplicación y mantenimiento.

Para garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas de Detección y Extinción de incendios en el tiempo, es recomendable realizar el mantenimiento respectivo a los sensores de humo y detectores de flama cada 6 meses. Así mismo, cada 3 meses, realizar una inspección visual que incluya la revisión de todos los detectores de Humo/Gas y Flama para garantizar que el ambiente se encuentre correctamente protegido.

Se recomienda realizar anualmente las pruebas indicadas en el capítulo 4 a los equipos de control, a los dispositivos de alarma de incendio, a los sensores, al sistema integral; y adicionalmente realizar pruebas en la alimentación de energía primaria y el resto de elementos del sistema no incluidos en pruebas anteriores.

Los altos costos de los elementos usados en un Sistema de Detección, se justifican con el ahorro obtenido al momento de un siniestro, por esta razón es recomendable invertir en estos sistemas y actualizarlos continuamente encaminando su funcionamiento a tener una respuesta inmediata que minimice pérdidas en caso de algún siniestro.

El sistema integral de Detección y Extinción de Incendios, depende del tipo de material almacenado en la bodega, por esta razón, es recomendable actualizar los dispositivos indicadores si existe un cambio en el material almacenado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARDUINOMODULES. (01 de 01 de 2018). *KY-026 Flame Sensor Module*. Obtenido de <https://arduinomodels.info/ky-026-flame-sensor-module/>

- CENTRONIC. (01 de 01 de 2018). *¿Cuáles son las partes de un sistema contra incendios?* Obtenido de <http://blog.centronic.com.py/partes-de-un-sistema-contra-incendios/>
- DEMSA. (01 de 01 de 2018). *MANUAL DE POLVOS QUIMICOS SECOS*. Obtenido de http://demsas.com.ar/manual_polvos.pdf
- Donadio, R. (2008). *Guía de lementos y criterios en sistemas de alarma y detección de incendios en conformidad con el estándar NFPA 72 - 2002*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Duque, P. (2015). *Diseño Hidráulico del Sistema de Extinción Contra incendios para una Bodega de Almacenamiento*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- DURAGGROUP. (01 de 01 de 2016). *PRODUCTS EN*. Obtenido de <https://www.durag.com/products-en/monitoring-control-en/flame-sensors-en/d-le-603-en/>
- ELECTROCANTABRIA. (01 de 01 de 2018). *FICHA TECNICA Detector gases MQ-2*. Obtenido de <https://www.electrocantabria.com/wp-content/uploads/2017/10/FICHA-TECNICA-Gas-MQ-2.pdf>
- Erazo, J. &. (2014). *Sistema de detección de incendios mediante redes sensoriales inalámbricas Zigbee*. Riobamba: Escuela Politécnica del Chimborazo.
- Escudero, P. A. (2015). Teoría del Fuego. En P. A. Escudero, *Teoría del Fuego* (pág. 59). Guadalajara: Grupo Tragsa y CEIS.
- FFE. (01 de 01 de 2015). *TALENTUM Triple IR*. Obtenido de <https://www.ffeuk.com/talentum/triple-ir>
- FRANCOR. (13 de 11 de 2015). *salvar incendios*. Obtenido de <http://francor.com.mx/factory-mutual/salvar-incendios-2/>
- GLOBAL SOURCES. (01 de 01 de 2018). *Productos de Rezontech Co.,Ltd*. Obtenido de https://spanish.globalsources.com/si/AS/Rezontech-CoLtd/6008850656862/pdtl/Cctv-%20Flame-Detector-_rfc-ui-ir3/1132008494.htm
- GRAUSER. (01 de 01 de 2017). *Soluciones Contra Incendios*. Obtenido de <http://www.grauser.com.uy/web/producto/halotron/>
- HANWEI ELECTRONICS GROUP CORPORATION. (01 de 01 de 2018). *MADE IN CHINA*. Obtenido de https://es.made-in-china.com/co_hwsensor/product_Explosion-Proof-Fast-Infrared-Flame-Detector-for-Fire-Alarm-System-D623-_einegoyey.html
- ISASTUR. (2010). *MANUAL DE SEGURIDAD*. Obtenido de https://www.isastur.com/external/seguridad/data/es/1/1_6_2_1.htm
- KANEX. (01 de 01 de 2018). *Direct Release Systems*. Obtenido de <https://www.kanexfire.com/direct-release-systems.php>
- Martínez, M. B. (2016). *Guía para el diseño de sistemas de protección contra incendios, enfocada en redes internas de edificaciones*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Miranda, R. (2004). *Diseño de un sistema Contra incendios en una Planta de Capacitación de Gas*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Moncada, J. A. (05 de Octubre de 2018). *NFPA Journal Latinoamericano*. Obtenido de Documentación y estadísticas de incendios: <https://www.nfpajla.org/columnas/punto-de-vista/376-documentacion-y-estadisticas-de-incendios>

MPI. (01 de 01 de 2015). *MPI CONTRA INCENDIOS*. Obtenido de <http://www.mpicontraincendio.com/fm200.html>

NFPA 72. (2016). *National Fire Alarm and Signaling Code*. Quincy: NFPA.

NOTIFIER. (01 de 01 de 2012). *Detector de llama Infrarrojo*. Obtenido de https://www.notifier.es/documentacion/notifier/manuales/MNDT724_40-40R.pdf

Obras & Protagonistas. (Junio de 2015). Obtenido de SISTEMAS DE DETECCIÓN Y ALARMA CONTRA INCENDIO: <http://www.oyp.com.ar/nueva/revistas/233/1.php?con=4>

PREFIRE. (15 de 10 de 2012). *PCI-Espuma-QDS*. Obtenido de <https://www.prefire.es/qds/PCI-Espuma-QDS.pdf>

SHUTTERSTOCK. (02 de 12 de 2015). *CO2 fire extinguisher images*. Obtenido de <https://www.shutterstock.com/search/co2+fire+extinguisher>

TECNOINFE. (26 de 9 de 2014). *ARDUINO / TECNOLOGIA*. Obtenido de <https://tecnoinfe.wordpress.com/2014/09/26/arduino/>

ANEXOS

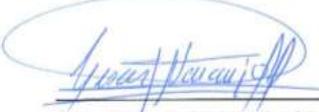


DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el trabajo de investigación fue desarrollado por la señorita, **Poveda Villacis Mayra Patricia**, en la ciudad de Latacunga a los 27 días del mes de Junio de 2019.

Aprobado por:



Ing. Cesar Naranjo H.
Director de Proyecto



Ing. Amparo Meythaler
Directora de Carrera



Dr. Rodrigo Vaca
Secretario Académico