

Diseño e implementación de sistemas de detección de incendios basados en los estándares de la
NFPA (National Fire Protection Association)

Jherys Lorena Vega Gamboa

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Electrónica

Director

Jaime Guillermo Barrero Pérez

Magíster en Potencia Eléctrica

Codirector

Eneraldo Castellanos Diaz

Ingeniero Electrónico

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Ingeniería Electrónica

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mi madre Laura Gamboa, que cuyo esfuerzo y amor me ha guiado hasta este momento y a todas aquellas personas que han influido en mi formación personal y profesional.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a quienes han sido parte esencial de este viaje. A Dios por haber sido el guía durante mi camino por la universidad. A mis familiares, que con su amor y palabras de aliento me dieron la fortaleza para avanzar. A mis amigos, por ser una fuente de apoyo y motivación; y a EME Ingeniería S.A BIC por aportar su tiempo y recursos para hacer posible la realización de este proyecto.

Tabla de Contenido

| | Pág. |
|----------------------------------------------------------------|-------------|
| Introducción | 12 |
| 1. Objetivos | 14 |
| 1.1 Objetivo General | 14 |
| 1.2 Objetivos Específicos..... | 14 |
| 2. Marco de Referencia | 15 |
| 2.1 El fuego | 15 |
| 2.1.1 Triángulo y tetraedro de fuego..... | 15 |
| 2.1.2 Clases de fuego | 16 |
| 2.1.3 Etapas del fuego..... | 17 |
| 2.2 Sistemas de detección de incendios | 17 |
| 2.2.1 Tipos de sistemas | 18 |
| 2.2.1.1 Sistemas convencionales..... | 18 |
| 2.2.1.2 Sistemas direccionables. | 18 |
| 2.2.2 Componentes de un sistema de detección de incendios..... | 18 |
| 2.2.2.1 FACU – Unidad de Control de Alarmas de Incendio. | 18 |
| 2.2.2.2 Iniciación..... | 19 |
| 2.2.2.3 Energía. | 19 |
| 2.2.2.4 Notificación..... | 19 |
| 2.2.2.5 Funciones de control de emergencia. | 19 |
| 2.2.2.6 Comunicación a la estación de supervisión. | 19 |
| 3. Normatividad | 20 |

| | | |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1 | Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10..... | 20 |
| 3.1.1. | Título J – Requisitos de protección contra incendios en edificaciones | 20 |
| 3.1.1.1 | Requisitos generales..... | 21 |
| 3.1.1.2 | Clasificación de edificaciones en función del riesgo de pérdida de vidas humanas o amenaza de combustión. | 22 |
| 3.1.1.3 | Detección de incendios. | 22 |
| 3.1.2 | Título K – Requisitos complementarios | 23 |
| 3.1.2.1 | Grupo de ocupación fabril e industrial..... | 23 |
| 3.1.2.2 | Grupo de ocupación residencial..... | 24 |
| 3.2 | Código Nacional de Alarma y Señalización de Incendios NFPA 72 – 2022..... | 24 |
| 3.2.1 | Dispositivos de activación manual de alarmas | 25 |
| 3.2.2 | Dispositivos de notificación..... | 25 |
| 3.2.3 | Detectores de incendio | 27 |
| 3.3 | Código de Seguridad Humana NFPA 101 – 2021 | 29 |
| 4. | Diseño | 29 |
| 4.1 | Edificio 1..... | 30 |
| 4.2 | Edificio 2..... | 31 |
| 4.3 | Fábrica..... | 31 |
| 5. | Implementación..... | 32 |
| 6. | Conclusiones | 33 |
| 7. | Recomendaciones | 34 |
| | Referencias Bibliográficas | 35 |
| | Apéndices..... | 37 |

Lista de Tablas

| | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Tabla 1 <i>Grupos y subgrupos de ocupación</i> | 20 |
| Tabla 2 <i>Instalación de detectores de acuerdo con el grupo de ocupación</i> | 22 |
| Tabla 3 <i>Subgrupo de ocupación fabril e industrial riesgo bajo F-2</i> | 23 |
| Tabla 4 <i>Subgrupo de ocupación residencial multifamiliar R-2</i> | 24 |
| Tabla 5 <i>Nivel sonoro ambiente promedio</i> | 26 |
| Tabla 6 <i>Reducción de la distancia entre detectores de calor en función de la altura del techo</i> . | 28 |

Lista de Figuras

| | Pág. |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Figura 1 <i>Tetraedro del fuego</i> | 16 |
| Figura 2 <i>Etapas del fuego</i> | 17 |
| Figura 3 <i>Componentes de un sistema de detección de incendios</i> | 18 |

Lista de Apéndices

| | Pág. |
|-------------------------------------------------|-------------|
| Apéndice A. Contenido del trabajo de grado..... | 37 |

Glosario

Altura de montaje: distancia entre el dispositivo instalado y el suelo, determinada por normativas para maximizar su efectividad.

Dispositivo de entrada: componente del sistema que envía señales al panel, como detectores de humo, detectores de calor o estaciones manuales.

Dispositivo de salida: componente que recibe señales del panel y genera una respuesta, como bocinas o luces estroboscópicas.

Espaciamiento: dimensión medida en forma horizontal, relacionada con la cobertura permitida de los detectores de incendio.

Estratificación: fenómeno en el que el movimiento ascendente del humo y los gases cesa debido a la pérdida de flotabilidad. El humo asciende porque está más caliente que el aire que lo rodea y al viajar a través del aire más frío con el tiempo también se enfría. El humo deja de subir una vez que alcanza la misma temperatura que el aire ambiental.

Falsa alarma: activación del sistema de detección de incendios sin que exista una emergencia real.

Luz estroboscópica: dispositivo visual que emite destellos brillantes para alertar a las personas, especialmente en áreas ruidosas o para personas con discapacidades auditivas.

Ocupación: máximo número de personas que puede contener un edificio, espacio, establecimiento, recinto, instalación o dependencia, en función de la actividad o uso que en él se desarrolle.

Ruta de evacuación: camino seguro y previamente planificado para que las personas abandonen una edificación en caso de emergencia.

Resumen

Título: Diseño e implementación de sistemas de detección de incendios basados en los estándares de la NFPA (National Fire Protection Association). *

Autor: Jherys Lorena Vega Gamboa **

Palabras Clave: NFPA, NSR, Seguridad, Detección, Edificios

Descripción: Este proyecto se centra en el diseño de sistemas de detección de incendios eficiente y confiable que pueda identificar y alertar de manera temprana la presencia de fuego en edificios y áreas industriales con el fin de minimizar los daños a la propiedad y proteger la seguridad de las personas. Este documento aborda las especificaciones técnicas de los diferentes dispositivos que estos sistemas requieren según los estándares de la NFPA 72-2022 para garantizar una detección más eficiente y una mejor integración con los sistemas de alarma y comunicación. Además, se destacan las diferencias en los requerimientos técnicos entre edificios residenciales y estructuras industriales, resaltando la importancia de personalizar los diseños según las características específicas de cada edificación.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Ingeniería Electrónica. Director: Jaime Guillermo Barrero Pérez. Magíster en Potencia Eléctrica. Codirector: Everaldo Castellanos Diaz. Ingeniero Electrónico.

Abstract

Title: Design and implementation of fire detection systems based on NFPA (National Fire Protection Association) standards. *

Author: Jherys Lorena Vega Gamboa. **

Key Words: NFPA, NSR, Security, Detection, Buildings.

Description: This project focuses on the design of efficient and reliable fire detection systems that can identify and provide early warning of the presence of fire in buildings and industrial areas to minimize property damage and protect the safety of people. This document addresses the technical specifications of the different devices that these systems require according to NFPA 72-2022 standards to ensure more efficient detection and better integration with alarm and communication systems. In addition, it highlights the differences in technical requirements between residential buildings and industrial structures, highlighting the importance of customizing designs according to the specific characteristics of each building.

* Degree Work

** Faculty of Physicomechanics Engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Electronic Engineering. Director: Jaime Guillermo Barrero Pérez. Master in Electrical Power. Co-director: Everaldo Castellanos Diaz. Electronic Engineer.

Introducción

En Colombia, un país de gran diversidad geográfica y climática, la amenaza de incendios es una preocupación en zonas residenciales, educativas y especialmente, industriales. El aumento de incidentes por igniciones no controladas ha generado un impacto significativo en la seguridad, provocando pérdidas humanas, industriales y la desaparición de viviendas. Ante esta realidad, resulta esencial explorar como los sistemas de detección de incendios desempeñan un papel fundamental en la mitigación de esta amenaza y su impacto en la sociedad.

A lo largo de los años, se han producido avances significativos en la tecnología de detección de incendios para mejorar la seguridad y la protección contra estos, permitiendo una detección más precisa y reduciendo falsas alarmas.

La NFPA (National Fire Protection Association) es una organización mundial que se fundó en el año 1896 y que tiene como objetivo difundir información y conocimientos para proteger a las personas, las propiedades materiales y el medio ambiente del fuego. Para llevar a cabo su labor, ha desarrollado una serie de códigos y normas conocidas como las normas NFPA, que son referencia a nivel internacional en protección contra incendios.

Este proyecto se desarrolló en modalidad de práctica empresarial en la empresa EME Ingeniería S.A BIC, que es una empresa que entrega soluciones de ingeniería integrales que contribuyen al desarrollo y progreso en diversas áreas. El área de automatización es una de sus líneas de negocio especializada en desarrollar edificios inteligentes y entre los servicios que ofrecen está el sistema de detección de incendios, un sistema electrónico basado en sensores y

dispositivos de notificación cuya principal finalidad es preservar la vida, diseñando sistemas bajo la normativa colombiana e internacional.

Los edificios residenciales Vive Mardel de 25 pisos, ubicado en la ciudad de Bucaramanga y Puerta de Oro de 21 pisos, ubicado en Girón, junto con la planta de producción de productos La Victoria que se ubica en la zona de Guatiguará, en Piedecuesta son proyectos que requieren del diseño y la instalación de sistemas de detección de incendios para brindar una mayor protección tanto a los residentes de los edificios como a los trabajadores de la fábrica, asegurando un entorno seguro y tranquilo para vivir y laborar.

Para facilitar la comprensión y simplificar la referencia a las edificaciones analizadas en este proyecto, se establecerá la siguiente nomenclatura: los edificios Puerta de Oro y Vive Mardel serán denominados Edificio 1 y 2 respectivamente y la planta de producción La Victoria será denominada Fábrica. Esta convención se utilizará a lo largo del documento.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de detección de incendios para las instalaciones de edificios residenciales y fábricas, con base en el código nacional de incendio de la NFPA.

1.2 Objetivos Específicos

1. Seleccionar entre edificaciones y fábricas que requieran el diseño de un sistema de detección de incendios al menos una locación en donde sea posible su implementación.
2. Identificar en el edificio o la fábrica previamente seleccionada las áreas en donde se podrá hacer la instalación del sistema de detección de incendios, considerando su ocupación y actividades.
3. Determinar y seleccionar los diferentes dispositivos electrónicos y mecanismos necesarios para la implementación del sistema de detección de incendios en la locación escogida.
4. Verificar que el sistema implementado cumpla la normatividad vigente.
5. Establecer un plan de mantenimiento preventivo y correctivo que incluya la capacitación del personal encargado de operar y mantener el sistema de detección de incendios en el edificio en donde se haya implementado el sistema.

2. Marco de Referencia

El fuego ha sido un fenómeno elemental que ha desempeñado un papel crucial en la evolución y desarrollo de la sociedad. Definir el momento y el modo exacto en que se descubrió el fuego es difícil de comprender ya que no hubo un acontecimiento puntual que marcara este momento (Gowlett, 2016). Históricamente, nuestros antepasados aprendieron a controlar y utilizar el fuego para obtener calor, iluminación y protección, marcando el inicio de un cambio significativo en la forma en que interactuamos con nuestro entorno. Sin embargo, esta poderosa herramienta también conlleva riesgos considerables, causando incendios descontrolados que amenazan vidas, propiedades y ecosistemas.

2.1 El fuego

El fuego es una reacción química entre un combustible y un comburente con desprendimiento de energía en forma de luz y calor, producto de una oxidación acelerada.

2.1.1 Triángulo y tetraedro de fuego

El triángulo del fuego representa los elementos que se necesitan para que se produzca la combustión. Estos son: El combustible, 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. Y el calor que es la energía que se precisa aportar para que el combustible y el comburente reaccionen en un tiempo y espacio determinado.

El triángulo del fuego explica cómo se produce el fuego y es el tetraedro del fuego el concepto que explica como dicho fuego puede propagarse y tener continuidad. La reacción en cadena es el componente indispensable que hace que el fuego progrese cuando desprende el calor que es transmitido al combustible que se realimenta y continua la combustión. Igual que en el

triángulo del fuego, ante la ausencia de cualquiera de los elementos del tetraedro, el fuego se extingue.

Figura 1

Tetraedro del fuego



Nota. Adaptado de *Fuego*, por D. O. Álvarez, 2023, Enciclopedia Humanidades

2.1.2 Clases de fuego

Existen diferentes tipos de fuego de acuerdo con los materiales que actúan como combustible.

CLASE A: Fuegos en materiales combustibles comunes, como madera, tela, papel, caucho y plásticos varios.

CLASE B: Fuegos en líquidos inflamables y combustibles, grasas de petróleo, alquitrán, aceites, pinturas a base de aceite, disolventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.

CLASE C: Fuegos que involucran equipos eléctricos energizados.

CLASE D: Fuegos de metales combustibles como Magnesio, Titanio, Circonio, Sodio, Litio y Potasio.

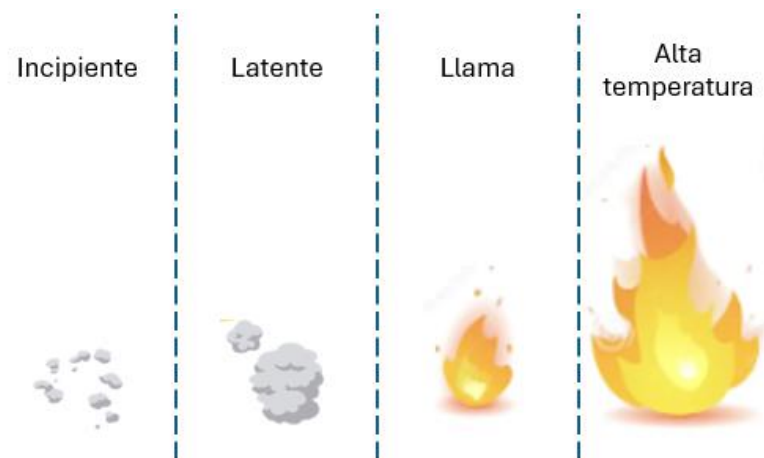
CLASE K: Fuegos en aparatos de cocina que involucran medios de cocción combustibles (aceites y grasas vegetales o animales) (NFPA 10, 2021).

2.1.3 Etapas del fuego

En el desarrollo de un incendio pueden distinguirse cuatro etapas. La primera etapa de un incendio llamada incipiente se caracteriza porque no hay llamas y muy poco humo, la temperatura es baja y hay partículas expelidas hacia el techo del material en combustión en forma de gas. En la segunda etapa o etapa latente aún no hay una llama o calor significativo, sin embargo, las partículas del material en combustión ya se pueden apreciar en forma de humo. En la tercera etapa de un incendio se pueden apreciar las llamas, mismas que pueden propagarse en cuestión de segundos. Finalmente, la etapa de alta temperatura se caracteriza por la emisión de una gran cantidad de calor, llamas, humo y gases tóxicos.

Figura 2

Etapas del fuego



2.2 Sistemas de detección de incendios

El propósito de un sistema de detección de incendio es detectar, alertar y evacuar. Los sistemas de detección de incendios tienen como objetivo principal detectar un incendio en una fase temprana, alertar y brindar información a todos los ocupantes del lugar protegido, así como a las personas que respondan a la emergencia.

2.2.1 Tipos de sistemas

2.2.1.1 Sistemas convencionales. Este tipo de sistemas no reconoce la ubicación del detector en particular, sino que solo distingue si un lazo está en alarma, normalizado o en falla, es decir, identifica sus dispositivos por zonas de detección.

2.2.1.2 Sistemas direccionables. Este tipo de sistema puede identificar con exactitud el dispositivo activado sobre el lazo conectado al panel cuando hay un conato de incendio y tiene mayor capacidad de expansión e integración con módulos (dependiendo del panel de incendio).

2.2.2 Componentes de un sistema de detección de incendios

Figura 3

Componentes de un sistema de detección de incendios



2.2.2.1 FACU – Unidad de Control de Alarmas de Incendio. También conocido como panel de control de alarmas de incendio actúa como el cerebro de este sistema al monitorear todas las entradas y controlar todas las salidas.

2.2.2.2 Iniciación. La iniciación de un sistema de alarmas de incendio incluye todos los dispositivos que envían una señal a un panel de control de alarmas de incendio para proporcionar el estado de un espacio protegido o la existencia de un incendio. Estos dispositivos de iniciación incluyen detectores de calor, detectores de humo, interruptores de flujo de agua y dispositivos accionados manualmente como las estaciones manuales.

Según el tipo de detectores y el panel de incendio, las señales se pueden enviar a través de un circuito de dispositivo de iniciación (IDC) para sistemas convencionales, o un circuito de línea de señalización (SLC) para sistemas direccionables.

2.2.2.3 Energía. El sistema de alarma de incendios debe contar con energía primaria proporcionada por una compañía eléctrica y la energía secundaria proporcionada a través de baterías de tamaño adecuado.

2.2.2.4 Notificación. Es importante que un sistema de alarmas de incendio proporcione a través de un circuito de dispositivos de notificación (NAC) una alerta a los ocupantes en caso de emergencia. La notificación se proporciona a través de dispositivos de notificación visibles y audibles. La notificación visible se proporciona a través de luces estroboscópicas, y la notificación audible la proporcionan los altoparlantes con diferentes tonos y señales de voz, o las bocinas con un único tono.

2.2.2.5 Funciones de control de emergencia. El panel de incendios se puede utilizar para controlar la función de otros sistemas, como la recuperación de ascensores, los cierres de puertas, los sistemas de control de humo, etc. Esto se puede hacer mediante el uso de módulos de control y relé.

2.2.2.6 Comunicación a la estación de supervisión. Las estaciones de supervisión monitorean las señales de sistemas de alarmas y cuentan en todo momento con personal que puede

responder a las señales de alarma. Existen diferentes medios permitidos de notificación de emergencia como las estaciones de supervisión auxiliar, estaciones centrales, estaciones de supervisión patentada y estaciones de supervisión remota.

3. Normatividad

3.1 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10

El reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10) es el conjunto de normas técnicas de diseño y construcción en Colombia que tiene como objetivo principal asegurar que las edificaciones sean capaces de resistir y minimizar los efectos de los sismos.

3.1.1. Título J – Requisitos de protección contra incendios en edificaciones

Reglamenta la implementación de sistemas contra incendio en edificaciones sismo resistentes, que a su vez basa su contenido en algunos reglamentos, códigos y normas técnicas como la National Fire Protection Association (NFPA) y la Norma Técnica Colombiana 2050 (NTC 2050). La finalidad del Título J y su alcance propone clasificar las edificaciones de acuerdo con el uso y ocupación que esta va a tener. Para cumplir con los objetivos de este proyecto me enfoqué en la clasificación para edificaciones residenciales (R) y fabriles e industriales (F).

Tabla 1

Grupos y subgrupos de ocupación

| Grupos y Subgrupos de ocupación | Clasificación | Sección |
|---------------------------------|--------------------------|---------|
| A | ALMACENAMIENTO | K.2.2 |
| A-1 | Riesgo moderado | |
| A-2 | Riesgo bajo | |
| C | COMERCIAL | K.2.3 |
| C-1 | Servicios | |
| C-2 | Bienes | |
| E | ESPECIALES | K.2.4 |
| F | FABRIL E INDUSTRIAL | K.2.5 |
| F-1 | Riesgo moderado | |
| F-2 | Riesgo bajo | |
| I | INSTITUCIONAL | K.2.6 |
| I-1 | Reclusión | |
| I-2 | Salud o incapacidad | |
| I-3 | Educación | |
| I-4 | Seguridad pública | |
| I-5 | Servicio público | |
| L | LUGARES DE REUNION | K.2.7 |
| L-1 | Deportivos | |
| L-2 | Culturales y teatros | |
| L-3 | Sociales y recreativos | |
| L-4 | Religiosos | |
| L-5 | De transporte | |
| M | MIXTO Y OTROS | K.2.8 |
| P | ALTA PELIGROSIDAD | K.2.9 |
| R | RESIDENCIAL | K.2.10 |
| R-1 | Unifamiliar y bifamiliar | |
| R-2 | Multifamiliar | |
| R-3 | Hoteles | |
| T | TEMPORAL | K.2.11 |

Nota. Adaptado de NSR-10 (2010), Tabla J.1.1-1

3.1.1.1 Requisitos generales. Deben instalarse dispositivos para interrumpir el suministro de gas, electricidad y otros fluidos inflamables o comburentes. Para la protección de las instalaciones eléctricas deben cumplirse los requisitos dados en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y en la NTC 2050. Además, toda edificación debe proveerse de áreas de acceso adecuadas para el Cuerpo de Bomberos.

Cualquier espacio entre particiones, muros, pisos, techos o escaleras, que permita el paso de llamas o gases de un ambiente o un piso a otro, tal como las penetraciones para cables, bandejas de cables, conductos para cables, tuberías, tubos, ventilaciones de combustión y de respiración, conductores eléctricos y elementos similares que atraviesan muros o pisos, o de un área encerrada a otra, debe rellenarse con materiales cortafuego que hayan sido aprobados para tal efecto.

3.1.1.2 Clasificación de edificaciones en función del riesgo de pérdida de vidas humanas o amenaza de combustión. Categoría I: Esta categoría comprende las edificaciones con mayor riesgo de pérdidas de vidas humanas o con alta amenaza de combustión. En ellas se incluyen (...) edificios de más de 10 pisos que no cumplan con los requisitos del numeral J.3.3.1.2, literal (a) del NSR 10: Edificios para cualquier ocupación, de más de 10 pisos, que dispongan de sistemas de alarma contra incendio, visuales y sonoros e independientes entre sí, que sean probados por lo menos cada 60 días y cuenten con rociadores de agua automáticos a satisfacción de la autoridad competente.

Categoría II: Esta categoría comprende edificaciones de riesgo intermedio, tales como: Requisitos del numeral J.3.3.1.2, literal (a) del NSR 10 (mencionado anteriormente) y grupos de ocupación (...) R-2.

Categoría III: Esta categoría comprende las edificaciones con baja capacidad de combustión. Incluye: (...) Grupos de ocupación F-2 (NSR 10, 2010).

3.1.1.3 Detección de incendios. La instalación de dispositivos de detección hace posible la transmisión de una señal automática mediante detectores o manual mediante pulsadores, desde el lugar en que se produce el incendio hasta una central, así como la posterior transmisión de la alarma desde dicha central hasta los ocupantes, pudiendo activarse dicha alarma automática y manualmente (NSR 10, 2010).

Tabla 2

Instalación de detectores de acuerdo con el grupo de ocupación

| Grupo | Subgrupo | Condición | Tipo de detector | Ubicación |
|---------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| R | R-2 | Para edificios de mas de 7 pisos | Automáticos de humo y alarma sonora | <ul style="list-style-type: none"> • Pasillos, escaleras y espacios comunes de circulación. • Espacios residenciales para la cocina. • Zonas de almacenamiento cuya superficie total sea mayor de 50 m² • Zonas comunes tales como salas de reunión, de juegos, de deportes etc. |
| | R-3 | Para edificios de mas de 5 pisos | | |
| I | I-2 | En cualquier caso | Automáticos de humo y alarma sonora | <ul style="list-style-type: none"> • Se ubicará pulsadores manuales de alarma de incendio en los pasillos, zonas de circulación y en las diferentes dependencias del hospital. • En las zonas de hospitalización |
| C, I, A | C-1 | Zonas de alto riesgo | Térmicos y/o de humo y alarma sonora | <ul style="list-style-type: none"> • Se ubicarán pulsadores manuales de alarma de incendios y repartidos adecuadamente. |
| | C-2 | | | |
| | I-4 | | | |
| | I-5 | | | |
| | A-1 | | | |
| I, L | A-2 | Si la superficie total construida es mayor de 5.000 m ² ó más de tres (3) pisos | Térmicos y/o de humo y alarma sonora | <ul style="list-style-type: none"> • Se dispondrán pulsadores manuales en el interior de los locales de edificaciones clasificadas en las categorías de riesgo I y II. • No será necesario la utilización de detectores térmicos o de humo cuando exista una instalación de rociadores automáticos de agua. |
| | I-3 | | | |
| | L-1 | | | |
| | L-2 | | | |
| | L-3 | | | |
| L-4 | | | | |
| L-5 | | | | |

Nota. Adaptado de NSR-10 (2010), Tabla J.4.2-1

3.1.2 Título K – Requisitos complementarios

El propósito del Título K es el de definir parámetros y especificaciones arquitectónicas y constructivas tendientes a la seguridad y la preservación de la vida de los ocupantes y usuarios de las distintas edificaciones cubiertas por el alcance del presente Reglamento. (NSR 10, 2010).

3.1.2.1 Grupo de ocupación fabril e industrial. El grupo de ocupación fabril e industrial incluye edificios utilizados para la disposición de materia prima, fabricación, procesamiento o transformación de productos, materiales o energía; este grupo está formado por dos subgrupos: ocupación fabril e industrial de riesgo moderado y de riesgo bajo. En la Tabla 3 se puede evidenciar la edificación en la que clasifica la fábrica, ya que representa riesgos bajos de incendio debido a la naturaleza de tales operaciones y a los materiales involucrados.

Tabla 3

Subgrupo de ocupación fabril e industrial riesgo bajo F-2

| | |
|-------------------------|--|
| Industrias alimenticias | |
| Industria artesanal | |

Nota. Adaptado de NSR-10 (2010), Tabla K.2.5-2

3.1.2.2 Grupo de ocupación residencial. En el grupo de ocupación residencial se clasifican los edificios empleados como vivienda o residencia familiar o colectiva. El grupo de ocupación residencial se compone por los subgrupos de ocupación residencial unifamiliar y bifamiliar, residencial multifamiliar y residencial hoteles. En el subgrupo de ocupación residencial multifamiliar figuran los edificios 1 y 2, ya que son empleados principalmente como vivienda.

Tabla 4

Subgrupo de ocupación residencial multifamiliar R-2

| |
|----------------------------|
| Edificios de apartamentos |
| Dormitorios universitarios |
| Monasterios y afines |
| Multifamiliares |
| Internados |

Nota. Adaptado de NSR-10 (2010), Tabla K.2.10-2

3.2 Código Nacional de Alarma y Señalización de Incendios NFPA 72 – 2022

El propósito de este código es definir los medios de iniciación, transmisión, notificación y anuncio de señales, así como las características asociadas con los diversos tipos de sistemas de alarma contra incendios, equipos de detección y advertencia de incendios.

La NFPA 72 cubre una variedad de sistemas, incluyendo detección de humo, detección de calor, sistemas de rociadores, alarmas audibles y visuales estableciendo requisitos para pruebas y mantenimiento periódicos que garanticen la funcionalidad continua de los sistemas. Esto incluye inspecciones regulares y pruebas de funcionamiento. Además, ofrece directrices sobre la

señalización visual y audible utilizada para comunicar la presencia de un incendio y proporcionar información sobre acciones a tomar.

3.2.1 Dispositivos de activación manual de alarmas

Los requisitos para la instalación de las estaciones manuales se pueden encontrar en la Sección 17.15 de la edición 2022 de NFPA 72, en donde se establece que la parte operable de la estación manual debe estar al menos a 1,07 m (42 in) y no más de 1,22 m (48 in) por encima del piso terminado. Además, deben estar situadas a menos de 1,5 m (5 ft) de cada puerta de salida de cada planta de manera que sean visibles, no estén obstruidas y sean accesibles.

3.2.2 Dispositivos de notificación

En la NFPA 72 existen dos modos de notificación audible: Modo Privado y Modo Público.

Modo Privado: es aquella aplicación donde la señal de alarma es conocida y usada en un lugar donde existe personal entrenado para tomar acciones basadas en la señal de alarma. Tales como una oficina privada, cuartos de monitoreo, cuartos de guardas, estaciones de enfermería, etc.

Para garantizar que las señales audibles en modo privado se escuchen claramente, deberán tener un nivel sonoro de al menos 10 dB por encima del nivel sonoro ambiente o de 5 dB por encima del nivel sonoro máximo con una duración de al menos 60 segundos, lo que sea mayor, medido a 1,5 m por encima del suelo.

Modo público: es aquel sistema de notificación requerido para personas u ocupantes que no son habitantes regulares de la ocupación. Es decir, aplica para edificaciones donde los ocupantes no tienen entrenamiento en cómo interpretar las señales del sistema de detección y alarma. Por ejemplo, centros comerciales, estaciones de transporte, restaurantes y espacios públicos de acceso libre.

El nivel sonoro ambiente promedio típico para las ocupaciones especificadas en la tabla 5 está destinado únicamente para fines de diseño. Los niveles de ruido pueden reducirse debido a la distancia y las pérdidas a través de los elementos del edificio. Cada vez que se duplica la distancia desde la fuente, el nivel de sonido disminuye 6 dB. En una puerta cerrada, la pérdida puede ser de 10 dB a 24 dB, según la construcción.

Tabla 5

Nivel sonoro ambiente promedio

| Location | Average Ambient Sound Level (dBA) |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Business occupancies | 54 |
| Educational occupancies | 45 |
| Industrial occupancies | 88 |
| Institutional occupancies | 50 |
| Mercantile occupancies | 40 |
| Mechanical rooms | 91 |
| Piers and water-surrounded structures | 40 |
| Places of assembly | 60 |
| Residential occupancies | 35 |
| Storage occupancies | 30 |
| Thoroughfares, high-density urban | 70 |
| Thoroughfares, medium-density urban | 55 |
| Thoroughfares, rural and suburban | 40 |
| Tower occupancies | 35 |
| Underground structures and windowless buildings | 40 |
| Vehicles and vessels | 50 |

Nota. Adaptado de NFPA 72 (2022), Tabla A.18.4.4

Para garantizar que las señales audibles se escuchen claramente, deberán tener un nivel sonoro de al menos 15 dB por encima del nivel sonoro ambiente promedio o de 5 dB por encima del nivel sonoro ambiente máximo con una duración de al menos 60 segundos, el que sea mayor, medido a 1,5 m por encima del piso. No se requiere que las cabinas de los ascensores tengan aparatos audibles.

Si las alturas del techo lo permiten, los dispositivos montados en la pared deberán instalarse a no menos de 2,29 m del piso y a no menos de 0,15 m del techo respecto a la parte superior de la

sirena. Si se instalan dispositivos combinados de notificación audible/visual, la ubicación del dispositivo instalado se determinará según los requisitos de la notificación visual.

La notificación mediante la señalización visual no es requerida por la NFPA 72, excepto en áreas de alto ruido. Los dispositivos de notificación visual utilizados para la señalización de alarma de incendio o para señalar la intención de evacuación deberán ser claros o blancos nominales y no deberán exceder los 1000 cd. Los dispositivos montados en la pared se montarán de manera que toda la lente de la luz estroboscópica no tenga menos de 2,03 m y no más de 2,44 m por encima del piso terminado. Cuando las alturas de techo bajas no permitan el montaje, estos dispositivos se montarán dentro de los 0,15 m del techo.

3.2.3 Detectores de incendio

En el capítulo 17.5 de la NFPA 72 – 2022 sobre los detectores de humo y calor, la cobertura total de un edificio o una parte de este incluirá todas las habitaciones, pasillos, áreas de almacenamiento, sótanos, áticos, lofts, espacios sobre falsos techos y otras subdivisiones y espacios accesibles, además, todos los puntos del techo deberán tener un detector a una distancia igual o inferior a 0.7 veces el espaciado lineal.

Para los detectores de calor, en áreas irregulares se necesita una planificación más cuidadosa para que ningún punto en el techo esté a más de 21 pies (6,4 m) de distancia de un detector, se permitirá que la separación entre detectores sea superior a la indicada siempre que la separación máxima desde un detector hasta el punto más alejado de una pared lateral o esquina dentro de su zona de protección no sea superior a 0.7 veces la separación indicada. Los detectores de calor tipo puntual se ubicarán en el techo a no menos de 4 pulgadas (100 mm) desde la pared lateral o en las paredes laterales entre 4 y 12 pulgadas (100 mm y 300 mm) desde el techo. Los detectores de calor tipo lineal se ubicarán en el techo o en las paredes laterales a no más de 20

pulgadas (510 mm) desde el techo. En techos de 10 pies a 30 pies (3 m a 9.1 m) de altura, el espacio entre detectores de calor se reducirá de acuerdo con la Tabla 17.6.3.5.1.

Tabla 6

Reducción de la distancia entre detectores de calor en función de la altura del techo

| Ceiling Height Greater than (>) | | Up to and Including | | Multiply Listed Spacing by |
|------------------------------------|-----|---------------------|-----|-------------------------------|
| ft | m | ft | m | |
| 0 | 0 | 10 | 3.0 | 1.00 |
| 10 | 3.0 | 12 | 3.7 | 0.91 |
| 12 | 3.7 | 14 | 4.3 | 0.84 |
| 14 | 4.3 | 16 | 4.9 | 0.77 |
| 16 | 4.9 | 18 | 5.5 | 0.71 |
| 18 | 5.5 | 20 | 6.1 | 0.64 |
| 20 | 6.1 | 22 | 6.7 | 0.58 |
| 22 | 6.7 | 24 | 7.3 | 0.52 |
| 24 | 7.3 | 26 | 7.9 | 0.46 |
| 26 | 7.9 | 28 | 8.5 | 0.40 |
| 28 | 8.5 | 30 | 9.1 | 0.34 |

Nota. Adaptado de NFPA 72 (2022), Tabla 17.6.3.5.1.

La ubicación de los detectores de humo se basa en una evaluación de las posibles fuentes ambientales de humo, humedad, polvo o humo, e influencias eléctricas o mecánicas, para minimizar las alarmas molestas. Para detectores de humo se tiene en cuenta el efecto de la estratificación por debajo del techo que ocurre cuando el aire que contiene partículas de humo o productos de combustión gaseosos se calienta al arder o quemar material y, volviéndose menos denso que el aire más frío circundante, se eleva hasta alcanzar un nivel en el que ya no hay una diferencia de temperatura entre él y el aire circundante. Los detectores de humo de tipo puntual deben ubicarse en el techo o, si están en una pared lateral, entre el techo y 12 pulgadas (300 mm) hacia abajo desde el techo hasta la parte superior del detector. La distancia entre los detectores de humo no excederá una separación nominal de 30 pies (9,1 m).

3.3 Código de Seguridad Humana NFPA 101 – 2021

Este código presenta los requisitos mínimos para el diseño, operación, mantenimiento de edificios y estructuras, con el propósito de asegurar la vida y controlar a personas durante incendios y otras emergencias. Este código en su capítulo 9.6, introduce las disposiciones acerca de los sistemas de detección, alarma y comunicación, con los cuales hay que comportarse acorde a los requisitos y normas de la NFPA 72 para el funcionamiento, prueba y mantenimiento. Estas directrices buscan mitigar los riesgos, facilitando una respuesta eficiente en situaciones de emergencia y asegurando un entorno seguro para los ocupantes.

4. Diseño

Este proyecto requiere la identificación de las instalaciones de los edificios acorde a la ocupación y actividades del área. Para la identificación de las instalaciones se empleó el título J de la norma NSR-10. Tal como lo establece esta norma, se debe asignar un grupo y subgrupo de ocupación. En este orden de ideas, los edificios 1 y 2 corresponden al grupo de ocupación R (Residencial) con un subgrupo 2 (multifamiliar) debido a que se tratan de edificios de apartamentos. Y la fábrica corresponde al grupo de ocupación F (Fabril e industrial) con un subgrupo 2 (Riesgo bajo) dado que es una empresa de industrias alimenticias.

Una vez identificadas las instalaciones, haciendo uso de los planos arquitectónicos se empieza el diseño teniendo en cuenta una inspección de las áreas a proteger. Una vez establecido lo anterior, se realiza el diseño del sistema de detección en el software AutoCAD.

4.1 Edificio 1

Para el edificio 1, el sótano 1, y los pisos 1 y 2 están destinados a zonas sociales y de servicio, tales como parqueaderos, administración, cuartos de bombas y plantas eléctricas, entre otras. Estos son espacios con características particulares que requieren una atención especial en términos de seguridad. Por esta razón, en esos 3 pisos se diseñó un sistema robusto de detección de incendios que incluye detectores de humo y calor, bocinas de alarma y estaciones manuales. Estos elementos fueron ubicados en los pasillos, en las áreas de servicio y en áreas donde el riesgo de incendio es mayor debido a la presencia de equipos eléctricos o maquinaria.

Para los pisos 3 al 20, que corresponden a los apartamentos residenciales, la decisión fue colocar los detectores, bocinas y estaciones manuales en los pasillos comunes de cada piso debido a que los apartamentos individuales son espacios cerrados y privados. El diseño se ajustó a las normativas de seguridad, considerando que los pasillos son las vías de evacuación comunes en una emergencia. La elección de detectores de humo es debido a la capacidad de este tipo de tecnología para detectar incendios en sus etapas iniciales. Las sirenas con luz estroboscópica fueron ubicadas en puntos estratégicos a lo largo de los pasillos para asegurar que el sonido llegue a todas las áreas comunes del edificio, y las estaciones manuales fueron situadas cerca de las salidas, permitiendo la activación del sistema de emergencia en caso de que los detectores no sean suficientes.

El panel de control principal se ubicó en una zona accesible lo que permite una rápida acción por parte del personal de seguridad o de emergencia. En cuanto al cableado, se diseñó para cubrir eficientemente las áreas mencionadas, siguiendo rutas optimizadas que minimizan el riesgo de interferencia o daños.

4.2 Edificio 2

Este edificio cuenta con 25 pisos y un mezanine en el primer piso. Al igual que para los otros diseños se tuvo en cuenta la normativa NFPA 72 para la ubicación de los diferentes dispositivos como detectores, estaciones manuales, sirenas. En los pisos 1,5 y el mezanine se propuso instalar detectores de humo de tecnología fotoeléctrica, esta tecnología permite una detección rápida en caso de presencia de partículas de humo visibles.

Para los pisos del 2 al 4 que son áreas destinadas a parqueaderos y cuartos técnicos se seleccionaron detectores térmicos debido a la naturaleza del uso del espacio. Estas áreas tienen mayor riesgo de acumulación de calor por motores de vehículos o equipos eléctricos, donde un detector de humo podría generar falsas alarmas.

Para las áreas residenciales, en los pasillos del piso 6 al 25, se optó por instalar detectores duales que combinan la detección de humo y calor. Esto ofrece una mayor protección confiable en las viviendas ya que pueden responder a la acumulación de humo y al aumento de temperatura.

En todos los pisos del edificio se instalaron bocinas de alarma para garantizar que las señales de alarma sean audibles en todas las áreas. El panel de control de incendios se ubicó en la recepción, garantizando acceso rápido para el monitoreo del mismo.

4.3 Fábrica

Debido a la naturaleza confidencial de la fábrica no se pueden compartir los planos, pero el proceso de diseño y las decisiones tomadas se detallan explicando cómo se distribuyeron los equipos en función de las necesidades y características del edificio.

Esta edificación de tipo industrial está dividida en varias zonas con diferentes características y niveles de riesgo, tales como: Áreas de producción con maquinaria pesada y materiales que pueden generar calor o llamas, almacenes de materiales donde se guardan insumos

o productos terminados, cuartos técnicos que incluyen plantas de generación de energía y cuartos de servidores, áreas comunes y administrativas tales como espacios de oficinas, comedores y vestuarios.

Para las áreas de producción, debido a la gran altura de los techos, no se pusieron detectores ni bocinas considerando el ruido ambiental generado por las maquinas en operación, pero si luces estroboscópicas y estaciones manuales en los accesos principales y rutas de evacuación para asegurar que, en caso de una emergencia, los trabajadores puedan alertar y ser alertados de manera rápida y efectiva.

En áreas administrativas y cuartos técnicos se seleccionaron detectores de calor y humo, ya que son efectivos para detectar partículas de combustión temprana. Y para el área de almacenamiento se decidió poner detector de humo tipo beam ya que esta área cuenta con techos altos donde no se puede acceder a sensores tipo puntual para mantenimiento y pruebas.

5. Implementación

Como parte del alcance del proyecto, uno de los diseños de sistemas de detección de incendios fue implementado en la edificación correspondiente. El diseño implementado fue en el edificio 2. Este proyecto incluyó la instalación física de los dispositivos, el cableado del sistema y la configuración y puesta en marcha del panel de control principal. Se llevó a cabo la instalación de los detectores de humo, calor y duales, bocinas de alarma y estaciones manuales colocadas en las áreas determinadas durante la etapa de diseño. La configuración del panel fue realizada siguiendo las especificaciones del fabricante y las necesidades particulares del proyecto. Este proceso incluyó: La programación de zonas, en donde se agrupan los dispositivos por áreas

específicas del edificio para facilitar la localización de posibles incidentes. La configuración de alarmas para asegurar que las bocinas y señales visuales se activen correctamente al detectar un incendio y la prueba de sensores para verificar que los detectores responden adecuadamente a sus respectivos parámetros de sensibilidad.

El proceso de instalación de los dispositivos se realizó con ayuda de los técnicos de EME Ingeniería S.A BIC y la evidencia de configuración se encuentra en [este vínculo](#).

6. Conclusiones

Al finalizar este proyecto, se destaca la importancia de los sistemas de detección de incendios debido a que son estos los encargados de detectar a tiempo los riesgos de incendio.

Un análisis detallado de las diferentes instalaciones permitió identificar con precisión las áreas que requieren la implementación de un sistema de detección de incendios, teniendo en cuenta la ocupación, las actividades que ocurren en cada área y los riesgos asociados. Este enfoque permitió que los dispositivos se colocaran estratégicamente para una cobertura óptima.

El diseño del sistema de detección de incendios para cada uno de los edificios cumple con la normatividad vigente.

El sistema se implementó en el edificio 2 de acuerdo con la normativa vigente, garantizando que todos los aspectos del diseño e instalación cumplieran con los estándares de seguridad establecidos en la NFPA. Garantizando la seguridad de las personas y el correcto funcionamiento del sistema en caso de emergencia.

Se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo y correctivo que incluye capacitación continua al personal responsable de la operación y mantenimiento del sistema de detección de incendios, que es esencial para mantener la seguridad a largo plazo.

Durante la ejecución del proyecto, se identificó que factores externos como la obra civil y la disponibilidad de presupuesto influyen directamente en los tiempos de entrega y ejecución de los diseños. Así mismo, debido a la limitación de tiempo de la práctica empresarial no se pudo implementar los otros diseños.

La experiencia adquirida en la empresa fue enriquecedora, ya que tuve la oportunidad de enfrentar un entorno real como ingeniera y enfrentar desafíos propios del sector.

7. Recomendaciones

Como recomendaciones que podrían mejorar este proyecto, se podrían implementar detectores y estaciones manuales que envíen notificaciones en tiempo real a aplicaciones móviles o al correo electrónico del personal de seguridad para una supervisión constante incluso desde fuera de los edificios y que este sistema registre y analice los datos en tiempo real para predecir patrones de riesgo.

También se podrían incorporar simulaciones de incendios en realidad virtual como herramienta de capacitación para que los usuarios se familiaricen con las rutas de evacuación y el uso del sistema.

Diseñar manuales en formato interactivo, con enlaces a tutoriales, videos y guías paso a paso sobre la configuración y uso del sistema.

Referencias Bibliográficas

- (2023). Cuándo y cómo se descubrió el fuego: la verdad de la historia. National Geographic.
<https://www.nationalgeographicla.com/historia/2023/03/cuando-y-como-se-descubrio-el-fuego-la-verdad-de-la-historia>
- Campbell, R. (2018). Incendio en propiedades industriales o de fabricación. NFPA.
<https://www.nfpa.org/es/education-and-research/research/nfpa-research/fire-statistical-reports/fires-in-us-industrial-and-manufacturing-facilities>
- Gowlett, J. (2016). El descubrimiento del fuego por parte del hombre: un proceso largo y complicado. The Royal Society Publishing.
<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2015.0164#pane-pcw-references>
- Hall, S. (2023). Incendios estructurales en viviendas. NFPA. <https://www.nfpa.org/es/education-and-research/research/nfpa-research/fire-statistical-reports/home-structure-fires>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2020). NTC 2050: Norma Técnica Colombiana.
- Mahoney, S. (9 de marzo de 2023). Una guía de conceptos básicos de alarmas de incendio. NFPA.
<https://www.nfpa.org/es/news-blogs-and-articles/blogs/2021/03/03/a-guide-to-fire-alarm-basics>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). NSR 10: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Títulos J y K.
- Ministerio de Minas y Energía. (2013). RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.
- National Fire Protection Association (NFPA). (2021). NFPA 101: Life Safety Code.

National Fire Protection Association (NFPA). (2022). NFPA 72: National Fire Alarm and Signaling Code.

National Fire Protection Association (NFPA). (2022). NFPA 170: Standard for Fire Safety and Emergency Symbols.

Apéndices

Apéndice A. Contenido del trabajo de grado