

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

**“MANUAL PARA LA ELABORACIÓN DE UN DISEÑO DE
SISTEMAS CONTRA INCENDIOS DE GABINETES CLASE
II Y CLASE III CON TOMAS CLASE I”**

**MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

AUTOR

KENDALL SOTO CALDERÓN

TUTOR

BILLY RETANA PEÑA

LECTOR

CARLOS CALDERÓN BORGE

Tabla de contenido

Dedicatoria.....	I
Agradecimientos	II
Carta de autorización del tutor	III
Carta de revisión filológica.....	IV
Carta de modificaciones.....	V
Declaración jurada	VI
Solicitud de defensa	VII
Índice de tablas	7
Índice de figuras.....	8
Índice de ecuaciones	9
Capítulo I	12
1.1 Introducción	12
1.2 Planteamiento del problema.....	13
1.3 Objetivos.....	14
1.3.1 Objetivo General.....	14
1.3.2 Objetivos Específicos.....	14
1.4 Justificación	15
1.5 Antecedentes.....	17

1.5.1 Internacionales	17
1.5.2 Nacionales.....	24
1.6 Limitaciones.....	30
Capítulo II. Marco Teórico	31
2.1 Fuego.....	31
2.1.1 Tipos de fuego.....	31
2.2 Clasificación del riesgo de incendio	32
2.3 Norma para Extintores Portátiles contra Incendios NFPA 10	33
2.3.1 Unidades de medidas métricas.....	33
2.3.2 Extintores	33
2.3.3 Tipos de extintores.....	33
2.3.4 Instalación de extintores según la clasificación del riesgo	35
2.4 Norma para la Instalación de Sistemas de Montantes y Mangueras NFPA 14	37
2.4.1 Clases de sistemas.....	37
2.4.2 Demanda del sistema	38
2.4.3 Presión de trabajo del sistema.....	38
2.4.4 Distancia de recorrido.....	38
2.4.5 Válvulas	38
2.4.6 Tubería principal de alimentación	39
2.4.7 Tubería principal exprés	39
2.4.8 Drenaje principal.....	39
2.4.9 Soporte para mangueras.....	39
2.4.10 Gabinetes.....	39
2.4.13 Gabinetes Clase 3.....	40

2.5 Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias para Protección contra Incendios NFPA 20.....	40
2.5.1 Bombas	40
2.5.2 Motor diésel	41
2.5.3 Bombas contra incendio para edificios de gran altura	41
2.5.4 Capacidades de bombas contra incendios centrífugas	41
2.5.5 Manómetros de presión.....	42
2.5.6 Unidades de bomba contra incendio internas	42
2.5.7 Unidades de bomba contra incendio externas.....	43
2.5.8 Bombas centrífugas.....	43
2.5.9 Bombas de tipo turbina de eje vertical.....	44
2.5.10 Bombas de desplazamiento positivo	46
2.5.11 Funcionamiento automático.....	46
2.5.12 Funcionamiento manual.....	46
2.5.13 Bombas de aditivos	46
2.5.14 Índice de flujos mínimos.....	47
2.5.15 Presión de descarga.....	47
2.6 Norma para la Tanques de Agua para la Protección contra Incendios Privada NFPA 22 ..	47
2.6.1 Tanque de vejiga	47
2.6.2 Tanque de ruptura	47
2.6.3 Tanque por gravedad.....	47
2.6.4 Tanque de presión	47
2.6.5 Tanque de succión.....	48
2.6.6 Montante de tanque.....	48
2.6.7 Tanque de abastecimiento.....	48
2.6.8 Caseta de bombeo	49
2.7 Código de Seguridad Humana NFPA 101	49
2.7.1 Área riesgosa.....	49
2.7.2 Área ocupable	49

2.7.3 Área de refugio	49
2.7.4 Barrera corta fuego	50
2.7.5 Barrera cortahumo	50
2.7.6 Barrera térmica.....	50
2.8 Reglamento Nacional de Protección contra Incendios	50
Capítulo III. Marco Metodológico.....	52
3.1 Enfoque de investigación.....	52
3.1.1 Matriz de codificación para investigación con enfoque cualitativo.....	53
3.1.2 Matriz de codificación para investigación con enfoque cuantitativo.....	54
3.2 Método de investigación.....	55
3.3 Fuentes de información.....	55
3.3.1 Tesis relacionadas con el tema.....	56
3.3.2 Normas de la asociación nacional de la protección contra incendios	56
3.3.3 Manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios del benemérito cuerpo de bomberos de costa rica.....	56
Capítulo IV. Diseño del manual.....	57
Paso 1. Acoples flexibles	58
Aspectos generales sobre los acoples flexibles.....	58
Espacio libre.....	60
Paso 2. Manómetros.....	60
Información General para sistemas de montantes	61
Paso 3. Conexión de bomberos.....	62

Paso 4. Sistema Clase II.....	64
Paso 5. Sistema Clase III	65
Diferencias entre los sistemas clase I, clase II y clase III.....	67
Paso 6. Análisis de plano	67
Paso 7. Distribución de bienes dentro de la edificación	70
Paso 8. Distribución de tubería.....	71
Paso 9. Comprobación de tomas clase I mediante círculos	73
Paso 10. Método del recorrido real.....	74
Paso 11. Comprobación de gabinetes clase II mediante círculos	75
Paso 12. Método de recorrido real	76
Paso 13. Ubicación de la tubería, según la altura	77
Paso 14. Generalidades del cálculo hidráulico	78
Paso 15. Ecuaciones.....	81
Pérdida por fricción.....	81
Pérdida por elevaciones	81
Paso 16. Ubicación de nodos para el análisis hidráulico	83
Paso 17. Cálculo hidráulico	84

Explicación de la tabla del cálculo hidráulico	86
Paso 18. Cálculo hidráulico mediante software	88
Paso 19. Comparación de los cálculos hidráulicos	90
Paso 20. Soportería	90
Aspectos generales de la soportería	90
Aspectos de instalación de la soportería	92
Diámetro de las varillas a utilizar según tamaño de tubería.	93
Soportería Antisísmica.....	94
Consideraciones de la Soportería Longitudinal.	94
Consideraciones de la Soportería.....	95
Soportería antisísmica para montantes.....	96
Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones.....	98
5.1 Conclusiones.....	98
5.2 Recomendaciones	100
Referencias Bibliográficas	101
Anexos	103
Anexo 1. Distancias equivalentes	103
Anexo 2. Nodos hacia la bomba contra incendios.....	104

Índice de tablas

Tabla N° 1. Unidades de medida métrica.....	33
Tabla N° 2. Tamaño y colocación de extintores para riesgo clase A.....	35
Tabla N° 3. Tamaño y colocación de extintores para riesgos clase B.....	36
Tabla N° 4. Capacidades de bombas contra incendio centrífugas.....	42
Tabla N° 5. Protección del equipo.....	43
Tabla N° 6. Pesos de la tubería de la columna de la bomba.....	45
Tabla N° 7. Matriz de codificación: Investigación con Enfoque Cualitativo.....	53
Tabla N° 8. Matriz de codificación: Investigación con Enfoque Cuantitativo.....	54
Tabla N° 9. Tamaños de drenajes de montantes principales.....	62
Tabla N° 10. Diferencias entre los sistemas.....	67
Tabla N° 11. Tabla de longitudes equivalentes de tuberías de acero de cédula 40.....	78
Tabla N° 12. Dimensiones de tuberías de acero.....	79
Tabla N° 13. Tabla para cálculo hidráulico.....	80
Tabla N° 14. Cálculo hidráulico del sistema.....	85
Tabla N° 15. Distancia máxima entre soportes colgantes (m).....	93
Tabla N° 16. Tamaños de varillas de soportes colgantes.....	94

Índice de figuras

Figura N°1. Toma clase I.....	64
Figura N°2. Gabinete clase II.....	65
Figura N°3. Gabinete clase III.....	66
Figura N°4. Vista de planta.....	68
Figura N°5. Vistas laterales.....	69
Figura N°6. Ubicación de estantes.....	70
Figura N°7. Trayecto de tubería.....	71
Figura N°8. Método de círculos, tomas clase I.....	73
Figura N°9. Recorridos tomas clase I.....	74
Figura N°10. Método de círculos, gabinetes clase II.....	75
Figura N°11. Recorridos gabinetes clase II.....	76
Figura N°12. Altura de la tubería.....	77
Figura N°13. Ubicación de nodos.....	83
Figura N° 14 Presión y caudal necesario según software.....	88
Figura N° 15 Curva presión-Caudal de la bomba de sistemas contra incendios.....	89
Figura N°16. Soporte colgante.....	93
Figura N°17. Soporte longitudinal.....	95
Figura N°18. Soporte transversal.....	96

Índice de ecuaciones

Ecuación N°1. Fórmula de la pérdida de fricción.....	81
Ecuación N°2. Fórmula de la pérdida de fricción.....	82
Ecuación N°3. Volumen del tanque.....	87

Resumen ejecutivo

La respuesta rápida ante un siniestro es crucial ante la propagación del fuego, es por esto que los sistemas contra incendios son vitales en las edificaciones. Debido a la preocupación de las diversas instituciones nacionales e internacionales por preservar la vida humana y disminuir los daños materiales en caso de incendio, es que en el presente proyecto se encuentra información sintetizada sobre las normas y reglamentos necesarias para lograr un diseño de sistemas contra incendios. Esto es beneficioso tanto para las personas profesionales en el campo, como para la población en general.

Este trabajo de investigación consiste en el diseño un sistema contra incendios de gabinetes clase 2 y clase 3 con tomas clase 1, en donde se pueda analizar paso a paso el diseño del mismo, desde los requerimientos mínimos hasta el cálculo necesario según el caso correspondiente.

Inicialmente se aborda la teoría, en donde se puede observar la conceptualización de los tipos de fuegos A-B-C, las clases de riesgo leve, ordinario y extraordinario, los tipos de gabinetes según las especificaciones de cada uno, entre otros conceptos elementales para la presente investigación.

Una vez aclarados los conceptos básicos se demuestran las consideraciones respectivas en los parámetros mínimos y máximos de diámetro de la tubería, los galones por minuto del caudal durante el tiempo de operación, así como los tiempos de operación correspondientes y la debida colocación de los gabinetes, considerando lo establecido por las normas. Adicionalmente, se encuentra la información sintetizada sobre los tipos de acoples, rígidos o flexibles, que se requieran según las características de cada diseño, asimismo con las indicaciones de los soportes necesarios, antisísmicos transversales o longitudinales que sean requeridos según cada caso.

Posteriormente se realiza el cálculo hidráulico necesario para que el sistema contra incendios de un diseño en específico funcione correctamente, considerando las especificaciones necesarias. Seguidamente se compara el producto obtenido del cálculo hidráulico con un software para verificar los resultados. El cálculo se realiza paso a paso para que funcione como guía para el lector en la realización de sus propios diseños.

La aplicación de los requerimientos solicitados por la normativa internacional y los reglamentos nacionales permiten minimizar los eventuales daños que pueden provocar los incendios, es por esto que el manual para la elaboración de un diseño de sistemas contra incendios de gabinetes clase 2 y clase 3 con tomas clase 1, aporta información sintetizada de las diversas normas que se utilizan según el sea el caso. Además, esto permite a los profesionales en ingeniería contar con un recurso de fácil acceso, en donde pueden encontrar información sintetizada sobre los requerimientos que solicitan las normas internacionales en el diseño que se esté elaborando.

Capítulo I

1.1 Introducción

El crecimiento demográfico ha propiciado diversos cambios en la vida cotidiana de las personas, el consumismo y los diferentes estilos de vida han incidido en la creciente demanda de productos en general. Nuevas empresas son creadas continuamente y las otras se ven en la obligación de expandirse para poder mantenerse en el mercado y seguir compitiendo.

El crecimiento acelerado de la población y el aumento de grandes construcciones ocasionan que exista menos espacios verdes en las ciudades, lo que ocasiona diferentes riesgos para la sociedad. Ante esta situación es cada vez más necesario emplear sistemas que propicien seguridad para el ecosistema que en general.

Resguardar la vida es esencial, al igual que proteger los bienes materiales que se puedan ver implicados ante un siniestro. Es por este motivo que actualmente es necesario implementar en las diversas edificaciones normas para establecer estándares a nivel mundial que cumplan con una serie de requisitos que aseguren la vida humana y sus bienes.

Estos estándares están establecidos por la asociación nacional de protección contra el fuego, NFPA por sus siglas en inglés, desde su creación en 1896, esta asociación establece las normas y los estándares necesarios para prevenir un incendio, desde diversos ámbitos, ya sea la capacitación de personal, instalación del sistema contra incendio y su respectivo mantenimiento.

En la actualidad las aseguradoras son cada vez más exigentes y solicitan la adecuada implementación de los sistemas contra incendios necesarios en cada edificación. Por este motivo y los anteriores es que en el presente proyecto se encontrará información relevante sobre la correcta implementación de los sistemas contra incendios de gabinetes clase 2 y clase 3 con tomas clase 1.

1.2 Planteamiento del problema

Desde el siglo XX la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios NFPA, por sus siglas en inglés, comienza a señalar la importancia de tener normas que propicien buenas costumbres para la prevención de incendios, esto con el fin de crear conciencia en las personas y establecer requisitos para la prevención de los mismos. Ante esto, cada país posee su propio organismo encargado de velar por el correcto cumplimiento de las normas, además de adecuar o agregar requisitos según corresponda. Por este motivo se crea el siguiente planteamiento del problema.

¿Cómo aplicar adecuadamente las normas referentes a sistemas contra incendios de gabinetes clase 2 y clase 3 con tomas clase 1, que son requisitos en algunas edificaciones que se construyen en Costa Rica en el 2022?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Crear una guía de diseño para sistemas contra incendios de gabinetes clase 2 y clase 3 con conexión a la toma de bomberos para el correcto cumplimiento de los estándares solicitados por la NFPA para una bodega entre los 1000 y 2000 metros cuadrados.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir los parámetros básicos sobre soportes, acoples, tasas de flujo, entre otros que establece la norma internacional para los sistemas contra incendios.
- Estudiar la normativa internacional que regula los diseños de sistemas de protección contra incendios.
- Construir una guía que permita a personas del campo de ingeniería o con conocimiento técnico tener una guía de paso a paso sobre las consideraciones básicas para poder diseñar un sistema contra incendios de gabinetes clase 2 y clase 3 con conexión a la toma de bomberos.
- Determinar las diferencias entre dichos componentes de los sistemas clase II y clase III.
- Crear un documento de un paso a paso sobre el cálculo hidráulico para una bodega entre los 1000 metros cuadrados y 2000 metros cuadrados que disponga de gabinetes clase II y clase III con conexión a bomberos.
- Realizar la comparación de los cálculos obtenidos tradicionalmente matemáticamente contra los de un software especial para este tipo de sistemas mecánicos.

1.4 Justificación

Los sistemas contra incendios son indispensables en las diferentes edificaciones. Cada edificación posee un determinado nivel de riesgo de incendio, esto es lo que motiva el accionar de las diferentes instituciones a velar por la seguridad de todas las personas. Las normas y reglamentos de los sistemas contra incendios consideran diversos factores para determinar los requisitos de cada edificación según corresponda, esto con el fin de disminuir las posibles afectaciones humanas y materiales en caso de un conato de incendio.

La presente investigación tiene como objetivo general la creación de un manual para la elaboración de un diseño de sistemas contra incendios de gabinetes clase 2 y clase 3 con tomas clase 1 para el correcto cumplimiento de los estándares solicitados por la NFPA y Costa Rica, esto con el propósito de sintetizar la variada información existente con respecto al tema mencionado anteriormente y de esta manera propiciar un mejor proceso de aprendizaje por parte de las personas encargadas según cada caso, para así poder considerar los aspectos de cada norma y reglamento.

Es fundamental para la era actual contar con ingenieros capacitados que conozcan las normas y los reglamentos existentes, una correcta interpretación y diseño de planos según lo solicitan las diversas normativas, propician un adecuado funcionamiento de los sistemas contra incendios en caso de ser requeridos, estos a su vez, minimizan los daños que puedan ser ocasionados, beneficiando así a las empresas y a las personas en general.

Diseñar sistemas contra incendios que sean respaldados por las diversas normas y reglamentos beneficia a todas las partes involucradas en el proceso, desde la empresa encargada del diseño y la construcción, las personas que frecuenten el lugar, hasta a la comunidad en general, ya que en caso de un siniestro se puede actuar según los parámetros establecidos y disminuir las pérdidas y los daños que se puedan generar.

En el caso de Costa Rica es común observar diversas noticias en donde el Benemérito Cuerpo de Bomberos insta a las diferentes empresas a concientizar sobre la importancia de contar con adecuados sistemas contra incendios, sin embargo, en algunas edificaciones se continúa haciendo caso omiso a las recomendaciones brindadas.

Las normas y reglamentos para el diseño de los sistemas contra incendios son extensas, lo que complica una correcta interpretación para su posterior implementación, por lo que el manual busca sintetizar correctamente la información, para que de esta manera, la lectura y el análisis de las respectivas normas y reglamentos sea más sencilla para los profesionales del área, incentivando a su vez, a las personas a implementar sistemas contra incendios en todas las edificaciones a su cargo.

1.5 Antecedentes

La globalización y las revoluciones industriales han obligado a la humanidad a buscar alternativas para el aseguramiento de la preservación de la vida, por lo tanto, es fácil comprender el por qué los sistemas contra incendios son cada vez más necesarios.

A continuación, se exponen algunas investigaciones que son antecedentes internacionales y nacionales, que sustentan la razón de dicho estudio.

1.5.1 Internacionales

Título: Guía para el diseño hidráulico de redes de protección contra incendios, enfocado en el agua como agente extintor

Autor: Michael Stiveen Palacio Celis

Año:2021

Institución: Universidad Católica de Colombia

(Palacios, 2021), desarrolló una investigación teórico-práctica en donde establece que: “para generar un diseño óptimo lo mejor es seguir las pautas de la NFPA directamente” (p.61) Esto más que todo debido a las ambigüedades presentes a las normas propias de Colombia, el país en donde se desarrolla la investigación y que, además la normativa establecida por la NFPA es lo bastante completa como para cumplir el objetivo de los sistemas contra incendios.

(Palacios, 2021) destaca la dificultad que pueden presentar los diseñadores al momento de incluir en los planos los sistemas contra incendios, ya que en la lectura de la normativa puede haber ambigüedades o vacíos que dificulten la correcta comprensión (p. 14) problemática que busca solucionar el documento presente.

Esta tesis, en el capítulo 7, posee tablas con información de clasificación de riesgos, clasificación de gabinetes y requisitos de diseño según la NFPA, información necesaria para la elaboración del presente trabajo de investigación. Por esta razón los aportes de esta investigación son valiosos para el presente estudio, ya que rescata la importancia de los procesos adecuados

dentro del diseño de los sistemas contra incendios; así como la valoración de las diversas áreas involucradas. Justificando las razones de construir una guía que permita garantizar un diseño apropiado.

Título: Diseño de sistemas de protección contra incendio mediante gabinetes con manguera.

Autor: Enrique Zenón Olvera

Año:2013

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México

Otra investigación que trae aportes al presente estudio es el documento realizado por (Olvera, 2013) , un estudio en donde se plantean referencias que deben ser tomadas en cuenta al momento de realizar un diseño de sistemas contra incendios. (Olvera, 2013) desarrolló una investigación tomando como referencia un laboratorio farmacéutico aclarando que no es un ejemplo a seguir para otras edificaciones o condiciones, esto debido a que utiliza normas para un proyecto específico, además, aclara que en México existe un reglamento de construcción federal como también una asociación mexicana de instituciones de seguros (p. 04), en lo que se diferencia con Costa Rica ya que en este país no existe una asociación de esta índole.

(Olvera, 2013) comenta varios aspectos que son relevantes para la presente investigación, ya que menciona algunos parámetros sobre la normativa en sistemas contra incendios, tales como sistemas de protección con gabinetes, suministro y distribución de agua a los gabinetes, determinación de la carga total de bombeo, almacenamiento de agua requerido por el sistema, así como el cálculo de diámetros de tubería y el cálculo de la capacidad de los equipos.

Debido a que este antecedente es de un diseño, en donde se toman de referencia normativas presentadas en esta investigación, es de gran ayuda para analizar el tipo de normas NFPA que se deben utilizar, además de distinguir los reglamentos establecidos por las asociaciones anteriormente mencionadas, así como las normas internacionales para lograr maximizar la funcionalidad y cumplimiento de los sistemas contra incendios.

Título: Análisis del volumen óptimo de un tanque de almacenamiento para un sistema contra incendio.

Autor: Andrés Manuel Bermeo Illescas

Año:2017

Institución: Universidad Espíritu Santo. Ecuador.

(Bermeo, 2017) realizó un tipo de investigación analítica y cualitativa, ya que trabajó con cálculos hidráulicos para poder determinar correctamente el sistema contra incendios correspondiente. La investigación realizada por Bermeo presenta algunas de las consideraciones que se deben respetar para garantizar un adecuado sistema contra incendios, ya que motiva a los profesionales a observar aspectos necesarios según las normas NFPA y aspectos ambientales en general.

Bermeo recalca que el principal objetivo de un sistema contra incendios es salvaguardar las vidas humanas, para esto es necesario un correcto suministro de agua, así como una red de distribución eficiente. Esto es de suma importancia para el manual del presente proyecto, ya que las conexiones de mangueras deben ser las necesarias para que el sistema cumpla con el caudal y presión requerida, en los puntos establecidos.

Tal y como lo menciona (Bermeo, 2017) “cuando se hace el diseño mediante la norma NFPA siguiendo sus recomendaciones y al tener resultados muy conservadores, nos da la confianza de contar con un sistema con un excelente margen de seguridad” (p.68), por lo que es importante recalcar que el manual desarrollado no sustituye las normas de la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios.

Título: Propuesta de sistematización de las normas de sistemas de extinción de incendios para edificaciones en Venezuela

Autor: De Jesús Narvaez, Andrés Adolfo, Dos Santos Rodrigues, Leonel David

Año:2018

Institución: Universidad Católica Andrés Bello. Venezuela.

(De Jesús & Dos Santos , 2018) plantean un tipo de investigación aplicada con un diseño no experimental. En su tesis De Jesús y Dos Santos plantean una comparación entre las normas NFPA y otras correspondientes a Venezuela, en donde concluyen que las primeras son más convenientes para los procesos de sistematización en los sistemas de protección activa, ya que poseen un contenido más claro y completo.

(De Jesús & Dos Santos , 2018) establecen que: “La disciplina de extinción de incendios es una materia muy amplia que abarca muchas categorías de diversos medios de protección, que toda edificación e industria debe comprender” (p. 157), comentario que afirma la importancia de realizar estudios que propicien un correcto análisis mediante la síntesis de la información; objetivo principal del presente documento.

La investigación, al utilizar las normas solicitadas en Venezuela por la COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales) y las NFPA, muestra una comparación en dónde se evidencia el análisis de ambas normas, para posteriormente realizar la selección necesaria. Contar con esta información es de gran utilidad, ya que permite visualizar las posibles maneras de sintetizar correctamente las normas y reglamentos solicitados en Costa Rica.

Título: Diseño de sistema de protección contra incendios con agua para el Centro Comercial Open Plaza Primavera.

Autor: Enrique Alcarraz Fernandez

Año:2014

Institución: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú

La investigación realizada por (Alcarraz, 2014) es un antecedente que ofrece mucha información ya que incluye sistemas automáticos, como los rociadores y sistemas manuales, como lo son los gabinetes, en el capítulo 3, brinda aportes sobre la tubería roscada necesaria en los gabinetes clase II y clase III y tomas clase I, información necesaria en la presente investigación.

Esta tesis brinda información necesaria para prevenir la corrosión, tema que debe presentarse en este escrito, ya que muchos accesorios que se requieren en el sistema, tales como los colgadores, soportes, entre otros, deben necesariamente poder soportar la corrosión, además, es importante que la tubería mantenga el color rojo que se solicitan las normas internacionales.

Las empresas recurren a aseguradoras que establecen requerimientos mínimos para las edificaciones que cubran, (Alcarraz, 2014) hace referencia a esta situación comentando “Todos los componentes utilizados en el sistema de protección contra incendios, deben estar específicamente certificados por Underwriter Laboratories Inc. (UL) para ser usados en sistemas contra incendios, si dicha certificación existiera o están aprobados por Factory Mutual (FM)” (p. 36). Para efectos de diseño es necesario considerar lo establecido por la aseguradora, por lo que resulta necesario conocer los componentes utilizados en los sistemas contra incendios, por lo que esta tesis es de gran importancia para la presente investigación.

Título: Fire Service Features of Buildings and Fire Protection Systems.

Autor: Occupational Safety and Health Administration

Año:2015

Institución: Occupational Safety and Health Administration

El documento presentado por (La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional, 2015), en el capítulo 9, expone la relación entre el cuerpo de bomberos, el sistema de gabinetes y las tomas clase 1. Para efectos de Costa Rica el Benemérito Cuerpo de Bomberos tiene una relación con las tomas clase 1 y los gabinetes presentes en las edificaciones, esta relación debe ser considerada para el diseño de los sistemas contra incendios del país. Por lo que resulta importante conocer la información sobre las relaciones existentes para tener una comparación a la situación nacional.

El antecedente relata las presiones necesarias de las conexiones de mangueras, por ejemplo, establece que una presión mínima de diseño es de 65 psi ya que en un recorrido de 100ft es necesario que de la boquilla de la manguera se obtengan 50 psi, sin embargo, la presión máxima en las conexiones de mangueras y gabinetes es de 175 psi. Si el sistema sobre pasa estas presiones es necesario utilizar dispositivos reguladores de presión; estos datos deben considerarse a la hora de elaborar el manual para la elaboración de un diseño de sistemas contra incendios de gabinetes clase 2 y clase 3 con tomas clase 1.

Así como las recomendaciones dadas por OSHA, de dónde y cómo colocar las tomas clase 1 para maximizar su correcto funcionamiento en el cuerpo de bomberos o la brigada de emergencias de la edificación en la que estén presentes. Es necesario considerar para este manual la observación que brinda el documento, sobre la utilización de válvulas de aislamiento para evitar desactivar todo el sistema.

1.5.2 Nacionales

Título: Manual de disposiciones técnicas generales sobre la seguridad humana y protección contra incendios del 2013

Autor: Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica

Año:2013

Institución: Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica

En Costa Rica el Benemérito Cuerpo de Bomberos es la institución encargada de realizar charlas, inspecciones, asesoramientos para la correcta implementación de los sistemas contra incendios utilizados en las diferentes edificaciones construidas a lo largo de todo el país. El manual elaborado por dicha institución tiene como objetivo principal establecer los parámetros de seguridad mínimos que deben tener las edificaciones para el correcto accionar en caso de un incendio.

El (Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, 2013) provee una guía de los requisitos básicos para reducir los riesgos en caso de incendio, con el fin de maximizar la capacidad de respuesta y de esta manera propiciar la supervivencia, integridad estructural y la efectividad de los sistemas ante dicho siniestro. Esta guía contiene información propia de la NFPA, sin embargo, también se incluyen parámetros definidos por la entidad pública.

El documento elaborado por el Benemérito Cuerpo de Bomberos, es de gran apoyo para la presente investigación ya que establece algunas definiciones técnicas, además de criterios avanzados que deben ser considerados, así como los criterios por ocupación y requisitos generales para sistemas basados en gabinetes con manguera.

Este antecedente funciona como sustento teórico a la presente investigación, además el contenido ilustrativo del documento elaborado por Bomberos de Costa Rica, es de gran utilidad para la construcción del manual de la presente tesis, ya que es un recurso visual que tiene como principal objetivo el correcto entendimiento de los parámetros que deben ser considerados al diseñar un sistema contra incendios de gabinetes clase 2 y clase 3 con tomas clase 1.

Título: Diseño del sistema de supresión de incendios para la planta de distribución (CIDE) de la empresa Cargill

Autor: Daniel Alejandro Solano Morales

Año:2017

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica

(Solano, 2017) para optar por el grado de licenciatura menciona la necesidad de considerar los criterios establecidos por la aseguradora que esté contratada para el edificio en el que se diseña el sistema de protección contra incendios (p.04). En las edificaciones, la aseguradora correspondiente establece los requisitos mínimos con los que debe contar los sistemas contra incendios. Para la presente investigación estas consideraciones son elementales, ya que en el diseño se debe contemplar obligatoriamente los requerimientos que la aseguradora solicita.

El capítulo 4, (Solano, 2017), establece ampliamente, las clasificaciones de riesgos establecidos en la NFPA, así como las limitaciones de área que se quiere proteger. Estos criterios junto con los establecidos por el Benemérito Cuerpo de Bomberos establecen la ruta que se debe seguir para lograr un diseño que cumpla con lo necesario para su aprobación y buen funcionamiento.

Esta tesis es de gran ayuda para la elaboración de la presente investigación, debido a los diferentes criterios y a las diversas consideraciones establecidas, las cuales son necesarias para el diseño de un sistema contra incendios.

Título: Diseño del sistema de protección contra incendios para un condominio residencial horizontal y vertical de 11 niveles

Autor: Kenneth Fonseca Castillo, Danny Soto Castillo

Año:2020

Institución: Universidad de Costa Rica

Este escrito es otro antecedente que posee criterios que se acoplan a las necesidades de la presente investigación. (Fonseca & Soto, 2020) en su tesis de grado, especifican los tipos de fuego, la terminología competente en sistemas contra incendios, así como la reacción en cadena que provoca el fuego, conocido como el triángulo del fuego.

En la investigación realizada por (Fonseca & Soto, 2020), se establece la necesidad de contar con el respaldo de las autoridades competentes de cada país en materia de protección contra incendios, además de la importancia de utilizar más de una norma o reglamento para cumplir con un diseño de protección contra incendios eficiente, consideraciones que son necesarias de contemplar en el presente trabajo de investigación.

Los autores describen la correcta distribución de los soportes, además de los cálculos antisísmicos necesarios para el diseño del sistema contra incendios, lo que es de gran ayuda debido a las especificaciones brindadas.

(Fonseca & Soto, 2020), establecen que “Con el análisis realizado para las conclusiones del edificio, se definió los criterios adecuados de diseño para el riesgo de incendio...” este es un paso fundamental que establecen los escritores para el correcto diseño del sistema, consideraciones que sirven como base para la construcción del manual propuesto en este documento.

Título: Diseño de un sistema de supresión contra incendio a base de agua para el supermercado Molina de San Ramón de Alajuela con un área de 2622 metros cuadrados, diseñado de acuerdo con las Normas NFPA

Autor: Víctor Andrés Varela Zúñiga

Año:2020

Institución: Universidad Latina de Costa Rica

(Varela, 2020) realiza una tesis de grado, en donde diseña un sistema de supresión contra incendios a base de agua, considerando que el diseño se realiza contemplando las normas y reglamentos solicitados en Costa Rica, es un antecedente que enriquece la elaboración de la presente investigación, ya que se puede comparar y analizar los diseños. Además de brindar un enfoque técnico y teórico sobre las normas utilizadas en estos casos en Costa Rica.

Es de gran utilidad la tesis realizada por Varela, para este trabajo de investigación. En el capítulo 2, Varela comenta los tipos de gabinetes para la protección contra incendios y también describe los componentes necesarios para dicho sistema. Este contenido debe ser parte del manual de la presente tesis, por lo que el recurso es oportuno como complemento a la investigación.

Para que el profesional correspondiente logre hacer un diseño con base en lo establecido en las normas NFPA, es necesario contemplar en el diseño todas las normas necesarias. (Varela, 2020) menciona que la NFPA 1, NFPA 101, NFPA 14, NFPA 20 y la NFPA 25 son las normas que van a estar relacionadas a dicho sistema (p.42), lo que brinda un margen de trabajo para la presente investigación.

El autor describe la importancia de considerar una brigada de emergencias o personas capacitadas para el uso de estos sistemas. Esta información es parte de los reglamentos de Costa Rica, por lo que es importante contemplarlo dentro de las especificaciones de uso del sistema contra incendio. Además, Varela comenta las implicaciones de las revisiones por parte del Bomberos de Costa Rica y el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

Título: Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios

Autor: Benemérito cuerpo de bomberos de Costa Rica

Año:2020

Institución: Benemérito cuerpo de bomberos de Costa Rica

Este reglamento establece los requerimientos técnicos mínimos para un diseño básico de un sistema de protección contra incendios. El (Benemérito cuerpo de bomberos de Costa Rica, 2020) explica las razones por las que en el país debe aplicarse el reglamento planteado, dando a conocer los decretos correspondientes en el ámbito de los sistemas contra incendio.

Para la realización del presente trabajo de investigación es indispensable considerar los aspectos establecidos en este antecedente. El Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios del 2020 en la sección 2.4, hace referencia las NFPA necesarias en Costa Rica, aunque también específica que algunas normas pueden no estar contempladas y ser necesarias para la edificación, por lo que en estos casos se debe remitir a la norma NFPA respectiva.

El Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios del 2020, extrae de las NFPA el tipo de material en la tubería que se debe utilizar, lo que es un recurso muy útil para la presente investigación ya que marca una guía de qué materiales utilizar según sea el caso.

El reglamento también establece de manera general las consideraciones que deben contemplarse en el diseño de sistemas de supresión a base de agua y las NFPA a las cuales hace referencia, lo que resulta muy funcional para la creación del manual propuesto en la presente tesis.

Título: Diseño del sistema fijo contra incendios para el Edificio de Oficinas Centrales del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica

Autor: Fernando Vargas Zúñiga

Año:2018

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica

La tesis realizada por (Vargas, 2018) en la sección 3.2, menciona los objetivos principales de un sistema contra incendio las cuales son salvar vidas, resguardar la propiedad y que las interrupciones de los servicios sean minimizados, objetivos que deben ser considerados, ya que son de suma importancia para crear el manual propuesto es este documento.

Vargas, establece tipos de extinción del fuego, esto funciona como aporte al presente trabajo de investigación, ya que la extinción por sofocación, es el método que se aplica al sistema contra incendio que se presenta en esta tesis.

En la sección 3.7 de este antecedente, se detallan los requisitos locales para tener las condiciones idóneas para sistemas contra incendio de tipo fijo, citando el artículo 15, ley 8228 o bien el Manual de Disposiciones Técnicas Generales sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios versión 2013.

Además, en el capítulo 4 se establecen los criterios requeridos para los soportes sísmicos laterales y transversales, soporte que siempre debe estar presente en un sistema contra incendio. Esta tesis es de gran ayuda debido a las especificaciones y criterios que contempla, ya que permite un mejor entendimiento de los requerimientos necesarios en un diseño de sistemas contra incendios en la totalidad de las partes que lo conforman.

1.6 Limitaciones

En la realización de la tesis se pueden presentar las siguientes limitaciones:

- Un cambio en la traducción de las normas y reglamentos internacionales al habla hispana.
- La investigación se realiza con base en las últimas versiones de las NFPA en español NFPA 10, 2018, NFPA 13, 2019, NFPA 14, 2019. NFPA 20, 2016, NFPA 22, 2018, NFPA 101, 2018, respectivamente.

Capítulo II. Marco Teórico

Este apartado permite el desarrollo de conceptos que guían y orientan la resolución del problema y el cumplimiento de los objetivos propuestos. Tal como lo establece (Daros, 2002): “...un marco teórico es lo que encuadra, contiene, ubica y hace relevante el sentido del problema. Una teoría, en cuanto permite describir, comprender, explicar e interpretar los problemas, les da a los mismos un marco” (p.10).

En otras palabras, el marco teórico permite a las personas lectoras ubicarse en el área correspondiente a la presente investigación, además de que con el apoyo teórico se logra contextualizar y abarcar la problemática en cuestión.

2.1 Fuego

Según (Albornos & Chereau, 2016), el fuego es producto de una combustión. “Cuando se mezcla un combustible con un comburente y recibe energía de una fuente de ignición, se inicia una combustión. La interdependencia de estos 3 elementos, definen esta como la teoría del “Triángulo del fuego” (p. 07).

2.1.1 Tipos de fuego

Según el (Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, 2020), los tipos de fuego se clasifican en:

Clase A. Se refiere a fuegos en materiales combustibles comunes como madera, tela, papel, caucho y plásticos.

Clase B. Son fuegos en líquidos o gases, inflamables o combustibles, por ejemplo: aceites, grasas, alquitranes, base de pinturas y lacas.

Clase C. Involucran equipos eléctricos energizados, donde la conductividad eléctrica del medio de extinción es importante.

Clase D. Son fuegos en metales que al estar divididos en partículas tienen la capacidad de entrar en combustión. Entre éstos se cita: magnesio, titanio, zirconio, sodio, litio, potasio y otros.

Clase K. Fuegos en utensilios o áreas de cocina que involucren un medio combustible (aceites minerales, animales y grasas) (p. 21).

2.2 Clasificación del riesgo de incendio

La clasificación de los incendios se realiza con base en los contenidos de cualquier edificio o estructura, esto según lo establecido en la NFPA 101. La clasificación se divide en tres: leve, ordinario y extraordinario. Tal como lo establece el (Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, 2020), en el Reglamento Nacional de protección contra incendios:

- a) **Riesgo leve (bajo).** Los contenidos de riesgo leve deben clasificarse como aquellos con un nivel de combustibilidad tan bajo que no puede ocurrir una auto propagación del fuego. El almacenamiento de materiales incombustibles es de riesgo leve. En otras ocupaciones se asume que aun cuando el riesgo de los contenidos reales es normalmente bajo, existe suficiente probabilidad de que algunos materiales combustibles o algunas operaciones peligrosas sean introducidas en situaciones especiales o en la reparación o mantenimiento del edificio o que algún factor psicológico pueda crear condiciones que lleven al pánico, de modo que las instalaciones de egreso no puedan reducirse de manera segura por debajo de aquellas especificadas para contenidos de riesgo ordinario
- b) **Riesgo ordinario (moderado).** Los contenidos de riesgo ordinario deben clasificarse como aquellos que tienen la posibilidad de arder con una rapidez moderada o que generan un volumen de humo considerable. La Clasificación de riesgo ordinario representa las condiciones encontradas en la mayoría de los edificios y constituye la base para los requisitos generales de este reglamento.
- c) **Riesgo elevado (extraordinario).** Los contenidos de riesgo elevado deben clasificarse como aquellos que tienen la posibilidad de arder con extrema rapidez o de hacer explosión. Los contenidos de riesgo elevado incluyen aquellas ocupaciones en las que se manipulen, utilicen o almacenen líquidos inflamables bajo condiciones que incluyan una posible liberación de vapores inflamables; aquellas en las que se produzcan polvo de granos, aserrín o polvos plásticos, de aluminio o de magnesio, u otros polvos explosivos; aquellas en las que se fabriquen, almacenen o manipulen productos químicos peligrosos o

explosivos; aquellas en las que se procesen o manipulen materiales bajo condiciones que pudieran generar material suspendido inflamable y otras situaciones de riesgo similar (p.20-21).

2.3 Norma para Extintores Portátiles contra Incendios NFPA 10

Tal como lo describe la (NFPA 10, 2018): “Las disposiciones de esta norma se aplican a la selección, instalación, inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática de extintores portátiles y agentes extintores clase D” (p. 5).

2.3.1 Unidades de medidas métricas

La (NFPA 10, 2018) establece que: “Las unidades de medida métrica de esta norma corresponden al sistema modernizado, conocido como Sistema Internacional de Unidades (SI)” (p. 5). Tal como se muestra en la tabla N°1.

Tabla N°1. Unidades de medida métricas

Nombre de la unidad	Símbolo	Factor de conversión
Litro	L	1 gal = 3.785 L
Milímetro	mm	1 pulgada = 25.4 mm
Metro	m	1 pie = 0.305 m
Kilogramo	kg	1 lb (masa) = 0.454 kg
Grado Celsius	°C	$\frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$
Bar	bar	1 psi = 0.0689 bar

Fuente: Norma para Extintores Portátiles contra Incendios NFPA 10 (2018)

2.3.2 Extintores

Un extintor es por definición de la (NFPA 10, 2018) “Dispositivo portátil que contiene un agente extintor el cual puede expelerse bajo presión con el fin de eliminar o extinguir un fuego”.

2.3.3 Tipos de extintores

Es necesario para la selección de un extintor conocer ciertas condiciones de la edificación a proteger con este dispositivo por ejemplo la naturaleza de los combustibles, las condiciones climatológicas y ambientales en donde va a estar el extintor, personas encargadas de la utilización del dispositivo y si existe alguna sustancia que reaccione con el agente extintor de forma perjudicial.

Según (Benemérito cuerpo de bomberos de Costa Rica, 2013) una vez definido el tipo de riesgo de la zona a proteger, se debe seleccionar el o los extintores necesarios según se indica a continuación:

- Para fuegos de clase A: agua, polvo químico polivalente (a base de fosfato amónico).
- Para fuegos clase B: CO₂, polvo químico y AFFF.
- Para fuegos clase C: CO₂, polvo químico

Según la (NFPA 10, 2018) cada extintor debe tener la identificación de la organización de listado y etiquetado, la categoría de producto con indicación del tipo de extintor, normas de desempeño y ensayos de fuego con las que el equipo cumple o supera (p. 10).

2.3.3.1 Extintor operado por cartucho/cilindro

Según la (NFPA 10, 2018): “Un extintor en el que el gas expelente está en un contenedor separado del contenedor de almacenamiento del agente” (p. 10).

2.3.3.2 Extintor no recargable

Tal como lo establece la (NFPA 10, 2018): “Un extintor destinado a ser usando una vez y que no tiene la capacidad ni está previsto para ser recargado y puesto nuevamente en servicio” (p. 10).

2.3.3.3 Extintor portátil

La (NFPA 10, 2018) establece que: “Un dispositivo portátil, rodante o transportado y accionado manualmente, que contiene un agente extintor que puede ser expulsado bajo presión con el propósito de suprimir o extinguir un fuego” (p. 10).

2.3.3.4 Extintor recargable

Según la (NFPA 10, 2018): “Un extintor capaz de ser sometido a un mantenimiento completo, lo que incluye la inspección interna del recipiente de presión, el reemplazo de todos los sellos y piezas menores, y a prueba hidrostática” (p. 10).

2.3.3.5 Extintor auto expelente

La (NFPA 10, 2018) establece que: “Un extintor en el que el agente tiene presión de vapor suficiente a la temperatura normal de operación para autoexpulsarse” (p. 10).

2.3.3.6 Extintor de presión almacenada

La (NFPA 10, 2018) menciona que: “Un extintor en el que tanto el agente extintor como el gas expelente están en el mismo contenedor y que incluye un indicador de presión o manómetro” (p. 10).

2.3.3.7 Extintor de tipo de agua

Tal como lo establece la (NFPA 10, 2018) :“Un extintor de tipo de agua que contiene agentes a base de agua, tales como agua, espuma formadora de película (AFFF, FFFP), anticongelante, chorro de agua con carga anticongelante y productos químicos líquidos” (p. 10).

2.3.3.8 Extintor rodante

Según la (NFPA 10, 2018) es: “Un extintor portátil equipado con un carro y ruedas previsto para ser transportado hacia el fuego por una persona” (p. 10).

2.3.4 Instalación de extintores según la clasificación del riesgo

En el diseño de un sistema contra incendios es indispensable identificar la clasificación de los riesgos para determinar la correcta instalación de los extintores, según corresponda en cada caso.

2.3.4.1 Instalación según el tipo de fuego A

Es necesario considerar los tamaños mínimos que deben tener los extintores según los grados de riesgo presentes en cada edificación. Tal como lo muestra la tabla N°2.

Tabla N° 2. Tamaño y colocación de extintores para riesgos clase A

Criterios	Ocupación de riesgo ligero	Ocupación de riesgo ordinario	Ocupación de riesgo extra
Mínimo potencial de extinción y clasificación	2-A	2-A	4-A
Área de piso máxima por unidad A	3000 pies ²	1500 pies ²	1000 pies ²
Área de piso máxima por extintor	11,250 pies ²	11,250 pies ²	11,250 pies ²
Distancia de recorrido máxima hasta el extintor	75 pies	75 pies	75 pies

Para unidades SI, 1 pie = 0.305 m; 1 pie² = 0.0929 m².

Fuente: Norma para Extintores Portátiles contra Incendios NFPA 10 (2018)

La (NFPA 10, 2018) establece que la cantidad mínima de extintores para cada uno de los pisos de un edificio debe ser determinado al dividir el área del piso total por el área máxima que va a ser protegida por cada extintor, además, los extintores deben estar ubicados de modo que las distancias de recorrido máximas no excedan los 22.9m, sin embargo, debe permitirse reemplazar hasta la mitad de los extintores en los casos que se utilicen estaciones de mangueras y en estos casos se deben considerar los requerimientos establecidos en la NFPA 14.

2.3.4.2 Instalación según el tipo de fuego B

Según la (NFPA 10, 2018), en el caso de los fuegos clase B se deben tomar en cuenta las consideraciones en la tabla N°3, tal como se muestra a continuación:

Tabla N° 3. Tamaño y colocación de extintores para riesgos clase B

Tipo de riesgo	Potencial de extinción mínimo	Distancia de recorrido máxima hasta los extintores	
		pies	m
Ligero	5-B	30	9.14
	10-B	50	15.25
Ordinario	10-B	30	9.14
	20-B	50	15.25
Extra	40-B	30	9.14
	80-B	50	15.25

Nota: Los potenciales de extinción especificados no implican que se producirán fuegos de las magnitudes indicadas por estos potenciales, sino, en cambio, que se proveen con el fin de otorgar a los operadores más tiempo y más agentes para el manejo de los complejos fuegos por derrames que podrían producirse.

Fuente: Norma para Extintores Portátiles contra Incendios NFPA 10 (2018)

Debe permitirse, según la (NFPA 10, 2018), el uso de hasta tres extintores de AFFF o FFFP de 9.46 L, o dos extintores de esta misma clase de al menos 6 L. Para el caso de los líquidos inflamables de profundidad apreciable no deben instalarse extintores portátiles como la única protección contra incendios por líquidos inflamables de profundidad, donde el área de la superficie exceda los $0.93 m^2$. Además, las distancias de recorrido para extintores portátiles deben ser de 15.25 m o menos.

2.3.4.3 Instalación según el tipo de fuego C

En el caso de los riesgos clase C, la (NFPA 10, 2018), establece que deben utilizarse extintores con clasificación C donde pueda haber equipos eléctricos energizados, además los extintores deben ser del tamaño y estar ubicados basándose en el riesgo clase A o clase B (p. 17).

2.4 Norma para la Instalación de Sistemas de Montantes y Mangueras NFPA 14

Según la (NFPA 14, 2019)

El propósito de esta norma es proveer un grado razonable de protección contra incendios para la vida y las propiedades mediante requisitos de instalación para sistemas de montantes y de mangueras basados en sólidos principios de ingeniería, datos de prueba y experiencia de campo (p. 06).

2.4.1 Clases de sistemas

Los sistemas se definen según las medidas que posean las mangueras que suministran agua para el personal entrenado o para el cuerpo de bomberos, según corresponda.

2.4.1.1 Sistema de Clase I

Según la (NFPA 14, 2019) es sistema clase I es: “Un sistema que provee conexiones para mangueras de 65 mm (24 pulg) para suministrar agua para uso de los cuerpos de bomberos” (p. 11)

2.4.1.2 Sistema de Clase II

Un sistema de Clase II, según la (NFPA 14, 2019) es: “Un sistema que provee estaciones de mangueras de 40 mm (14 pulg) para suministrar agua para uso principalmente del personal entrenado o del cuerpo de bomberos durante la respuesta inicial” (p. 11)

2.4.1.3 Sistema de Clase III

La (NFPA 14, 2019), define este sistema como:

Un sistema que provee estaciones de mangueras de 40 mm (14 pulg) para suministrar agua para uso del personal entrenado y conexiones para mangueras de 65 mm (2x4 pulg) para suministrar un mayor volumen de agua para uso de los cuerpos de bomberos (p.11)

2.4.2 Demanda del sistema

Para efectos del diseño de sistemas contra incendios, la (NFPA 14, 2019), define la demanda del sistema como:

La tasa de flujo y presión residual requeridas desde un suministro de agua, medidos en el punto de conexión de un suministro de agua con un sistema de montantes, para descargar la tasa de flujo de agua total y las presiones residuales mínimas requeridas para un sistema de montantes en la conexión para manguera más remota hidráulicamente, y la tasa de flujo de agua y presión residual mínimas para las conexiones con rociadores en sistemas combinados (p. 11).

2.4.3 Presión de trabajo del sistema

La (NFPA 14, 2019) define la presión del trabajo del sistema como: “La presión máxima de flujo o estática (sin flujo) anticipada, aplicada a los componentes de un sistema de montantes, sin incluir sobrepresiones” (p.11).

2.4.4 Distancia de recorrido

Al diseñar un sistema contra incendios es necesario contemplar la distancia de recorrido para el correcto funcionamiento del sistema, la (NFPA 14, 2019), lo define como:

La longitud medida sobre el piso u otra superficie de tránsito a lo largo de la línea central de la vía natural de recorrido, comenzando desde la conexión para manguera, en una línea curva alrededor de cualquier esquina u obstrucción con un espacio libre de 300 mm (12 pulg) (p. 11).

2.4.5 Válvulas

Las válvulas permiten un correcto flujo de agua, considerando las necesidades de cada sistema contra incendio.

2.4.5.1 Válvula de control

La (NFPA 14, 2019) lo define como “Una válvula que controla el flujo hacia sistemas de protección contra incendios a base de agua” (p. 11).

2.4.5.2 Válvula de manguera

La (NFPA 14, 2019) establece que la válvula de manguera es “La válvula para una conexión para manguera individual con una salida para anexar una manguera contra incendios” (p. 11).

2.4.6 Tubería principal de alimentación

La (NFPA 14, 2019) lo define como: “La parte de un sistema de montantes que suministra agua a una o más montantes” (p. 10).

2.4.7 Tubería principal exprés

La (NFPA 14, 2019), lo define como: “Un tipo de tubería principal de alimentación que abastece solamente a la(s) zona(s) superior(es) de un sistema de montantes” (p. 10).

2.4.8 Drenaje principal

El drenaje principal, según la (NFPA 14, 2019) es: “La conexión del drenaje primario ubicada en el montante del sistema y también utilizada como una conexión para prueba” (p. 10).

2.4.9 Soporte para mangueras

Según la (NFPA 14, 2019) “Cada estación de manguera de 1% pulg. (40 mm) provista de una manguera de 1% pulg. (40 mm) debe estar equipada con un soporte para manguera listado u otro método de almacenamiento aprobado” (p. 16).

2.4.10 Gabinetes

Los gabinetes forman parte de los sistemas fijos de protección contra incendios. El Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (2013), en el manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios menciona:

Todos los sistemas basados en la instalación de gabinetes con manguera (tomas fijas de agua) tienen el objetivo común de suministrar agua para la lucha contra el fuego de forma manual. La escogencia de cada tipo de sistemas dependerá de las condiciones del edificio (p.64).

La norma NFPA 14 y el manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios establecen las especificaciones de los gabinetes que se deben utilizar según las características propias del proyecto.

2.4.11 Gabinetes Clase 1

La (NFPA 14, 2019) establece que: “Un sistema que provee conexiones para mangueras de 65 mm (24 pulg) para suministrar agua para uso de los cuerpos de bomberos” (p. 14).

2.4.12 Gabinetes Clase 2

La (NFPA 14, 2019) establece que: “Un sistema que provee estaciones de mangueras de 40 mm (14 pulg) para suministrar agua para uso principalmente del personal entrenado o del cuerpo de bomberos durante la respuesta inicial” (p. 14).

2.4.13 Gabinetes Clase 3

La (NFPA 14, 2019) establece que:

Un sistema que provee estaciones de mangueras de 40 mm (14 pulg) para suministrar agua para uso del personal entrenado y conexiones para mangueras de 65 mm (2x4 pulg) para suministrar un mayor volumen de agua para uso de los cuerpos de bomberos (p. 14).

2.5 Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias para Protección contra Incendios NFPA 20

(NFPA 20, 2016) establece que esta norma “trata lo relativo a la selección e instalación de bombas que suministran líquido a sistemas privados de protección contra incendios” (p. 07).

2.5.1 Bombas

Las bombas contra incendio deben ser utilizadas según las características de cada edificación, para esto la normativa NFPA 20 establece las recomendaciones para cada caso. Tal como lo establece la (NFPA 20, 2016), las bombas contra incendios, se pueden definir como “Una bomba que proporciona fluido líquido y presión dedicados a la protección contra incendios” (p. 12).

2.5.2 Motor diésel

La (NFPA 20, 2016) lo define como “Un motor de combustión interna en el cual el combustible se enciende mediante el calor proveniente de la compresión del aire suministrado para la combustión” (p. 10).

2.5.3 Bombas contra incendio para edificios de gran altura

Estas bombas deben ser utilizadas, según la (NFPA 20, 2016) en un: “edificio en donde el piso de una planta ocupable se encuentra a más de 23 m (75 pies) por encima del nivel más bajo de acceso de los vehículos del cuerpo de bomberos” (p. 11). Al utilizar este tipo de bomba, según la (NFPA 20, 2016) es necesario:

Una o más unidades de bombas contra incendio de respaldo, completamente independientes y automáticas, dispuestas de modo que todas las zonas puedan mantenerse en servicio completo cuando una cualquiera de las bombas esté fuera de servicio.

Un medio auxiliar que tenga la capacidad de proveer la demanda total para protección contra incendios y que sea aceptable para la autoridad competente (p. 29).

2.5.4 Capacidades de bombas contra incendios centrífugas

Según la (NFPA 20, 2016), para este tipo de bombas:

Debe seleccionarse una bomba contra incendio centrífuga de modo que la mayor demanda individual de cualquier sistema de protección contra incendios conectado a la bomba sea inferior o equivalente al 150 por ciento de la capacidad nominal (caudal) de la bomba.

Las bombas contra incendio centrífugas deben tener una de las capacidades nominales en gpm (l/min.) y deben estar certificadas para presiones netas de 2.7 bar (40 psi) o más.

Las bombas contra incendio centrífugas con capacidades superiores a 18.925 l/min (5000 gpm) deben estar sujetas a la revisión individual de la autoridad competente o del laboratorio responsable del listado (p. 17).

La tabla N°4, demuestra las capacidades de bombas contra incendios, tal como se puede apreciar a continuación.

Tabla N° 4. Capacidades de bombas contra incendio centrífugas

gpm	L/min	gpm	L/min
25	95	1,000	3,785
50	189	1,250	4,731
100	379	1,500	5,677
150	568	2,000	7,570
200	757	2,500	9,462
250	946	3,000	11,355
300	1,136	3,500	13,247
400	1,514	4,000	15,140
450	1,703	4,500	17,032
500	1,892	5,000	18,925
750	2,839		

Fuente: Norma para Extintores Portátiles contra Incendios NFPA 20 (2016)

2.5.5 Manómetros de presión

La (NFPA 20, 2016) establece que:

Un manómetro de presión con una carátula no menor a 89 mm (3.5 pulg) de diámetro debe conectarse cerca de la brida de descarga con una válvula para manómetro de 6 mm (0.25 pulg) nominal.

El cuadrante debe indicar la presión de por lo menos el doble de la presión de trabajo nominal de la bomba pero no menor a 13.8 bar (200 psi).

El frente del indicador debe leerse en bar, libras por pulgada cuadrada (psi) o ambos, con las graduaciones estándar del fabricante (p. 17)

2.5.6 Unidades de bomba contra incendio internas

La (NFPA 20, 2016) establece que:

Las unidades de bombas contra incendio para edificios de gran altura deben estar protegidas de las ocupaciones circundantes por medio de construcciones con una certificación de resistencia al fuego mínima de dos horas o separadas físicamente del edificio protegido por una distancia mínima de 15.3 m (50 pies).

Las unidades de bombas contra incendio que abastecen a uno o más sistemas de protección contra incendios de aplicación local deben estar físicamente separadas del riesgo que está siendo protegido en una manera que evite que un incendio asociado directamente con el riesgo exponga a la unidad de bombeo (p. 18).

La (NFPA 20, 2016): “Los cuartos de bombas contra incendio internas de edificios que no sean de gran altura o de edificios independientes para bombas contra incendio deben estar físicamente separados o protegidos por construcciones resistentes al fuego, de acuerdo con lo especificado” (p. 18), tal como se muestra en la tabla N°5.

Tabla N° 5. Protección del equipo

Cuarto/casa de la bomba	Edificios que exponen el cuarto/casa de la bomba	Separación requerida
Sin rociadores	Sin rociadores	Certificación ignífuga de dos horas o 50 pies (15.3 m)
Sin rociadores	Con rociadores	
Con rociadores	Sin rociadores	
Con rociadores	Con rociadores	Certificación ignífuga de una hora o 50 pies (15.3 m)

Fuente: Norma para Extintores Portátiles contra Incendios NFPA 20 (2016)

2.5.7 Unidades de bomba contra incendio externas

La (NFPA 20, 2016) establece que “Las unidades de bombas contra incendio que se encuentre en espacios exteriores deben estar ubicadas a una distancia no inferior a 15.3 m (50 pies) de cualquier edificio y otras exposiciones al fuego a las que esté expuesto el edificio” (p. 18).

2.5.8 Bombas centrífugas

La (NFPA 20, 2016) establece que “Una bomba en la que la presión se desarrolla principalmente mediante la acción de una fuerza centrífuga” (p. 12). Además “las bombas deben proporcionar no menos del 150 por ciento de la capacidad nominal a no menos del 65 por ciento del cabezal nominal total” (p.30).

2.5.8.1 Accesorios

La (NFPA 20, 2016) establece los accesorios necesarios para las bombas centrífugas en cada caso, según corresponda, los cuales son: Válvula automática de liberación de aire. Válvula de alivio de circulación. Manómetros de presión. Reductor cónico excéntrico en la succión. Cabezal de válvula de manguera con válvulas de manguera (cabezal de prueba). Dispositivo de medición de caudal. Válvula de alivio y cono de descarga. Filtro de tubería. (p. 30).

2.5.8.2 Cimentación y asentamiento

La (NFPA 20, 2016) comenta que “Las bombas con diseño de impulsor colgante e impulsor entre cojinetes deben montarse sobre una placa de cimentación común” (p. 30).

2.5.8.3 Tipo de acople

La (NFPA 20, 2016) establece que “Las bombas del tipo de acople separado con impulsor de motor eléctrico deben ser conectadas mediante acoples flexibles o mediante un eje de conexión flexible” (p. 31).

En el caso de los acoples flexibles y los ejes de conexión flexibles la (NFPA 20, 2016) establece que “deben estar listados para el servicio de bombas contra incendio e instalados de acuerdo con el listado” (p. 31).

Finalmente, las bombas e impulsores en bombas del tipo de acople separado, según la (NFPA 20, 2016): “deben estar alineadas de acuerdo con las especificaciones de los fabricantes del acople y de la bomba y con el Instituto de Hidráulica para Bombas Centrífugas, Rotativas y Alternativas.

2.5.9 Bombas de tipo turbina de eje vertical

La (NFPA 20, 2016) establece que:

Donde el suministro de agua se encuentra ubicado por debajo de la línea central de descarga de la brida y la presión del abastecimiento de agua no es suficiente para suministrar agua a la bomba contra incendio, debe utilizarse una bomba de tipo turbina de eje vertical (p. 31).

2.5.9.1 Desempeño

La (NFPA 20, 2016) establece que “Las bombas deben proporcionar no menos del 150 por ciento de capacidad nominal a no menos de 65 por ciento de la cabeza nominal total”, además que “el cabezal de cierre total no debe exceder el 140 por ciento del cabezal nominal total en la bomba de tipo turbina vertical” y que “la bomba de tipo turbina de eje vertical debe estar diseñada para funcionar en una posición vertical con todas sus partes en una alineación correcta (p. 31).

2.5.9.2 Componente de la cabeza de bomba de turbina vertical

La (NFPA 20, 2016), solicita como requerimientos que:

La cabeza de la bomba debe ser del tipo de descarga sobre tierra o subterránea. La cabeza de la bomba debe diseñarse para soportar el impulsor, la bomba, el montaje de columna, el montaje de tazón, el empuje máximo descendente y la tuerca de tensión del tubo de aceite o contenedor de empaque (p. 32).

2.5.9.3 Columna

La (NFPA 20, 2016) establece que “Debe suministrarse una columna de la bomba en secciones que no superen una longitud nominal de 3 m (10 pies)” (p. 32), además que no debe ser menor el peso que se especifica en la tabla N°6, tal como se puede observar a continuación:

Tabla N° 6. Pesos de la tubería de la columna de la bomba

Tamaño nominal (mm.)	Diámetro externo (D.E) (mm.)	Peso por unidad de longitud (extremos lisos) (kg/m.)
150	161	28.230
200	212	36.758
250	264	46.431
300	315	65.137
350	360	81.209

Fuente: Norma para Extintores Portátiles contra Incendios NFPA 20 (2016)

2.5.9.4 Montaje del tazón

Según la (NFPA 20, 2016) “El montaje del tazón debe ser de hierro fundido de grano fino, de bronce u otro material adecuado de acuerdo con el análisis químico del agua y de la experiencia en el área” (p. 33).

2.5.9.5 Accesorios

Según la (NFPA 20, 2016) los accesorios necesarios para la bomba son: Válvula automática de liberación de aire. Un detector de nivel de agua. Un manómetro de presión de descarga. Una válvula de alivio y un cono de descarga donde así lo requiera. Un cabezal de válvula de manguera y válvulas de manguera (cabezal de prueba) o dispositivos de medición (p. 33).

2.5.9.6 Motor

Según la (NFPA 20, 2016):

El motor utilizado debe estar construido de modo que el empuje total de la bomba, que incluye el peso del eje, los impulsores y el impulso hidráulico, pueda montarse en un cojinete de empuje de amplia capacidad para que éste tenga una certificación de vida promedio de cinco años de funcionamiento continuo (p. 34).

2.5.10 Bombas de desplazamiento positivo

La (NFPA 20, 2016) establece que “una bomba caracterizada por un método de producir caudal al captar un volumen específico de fluido por revolución de la bomba y reducir el vacío de fluido mediante medios mecánicos para desplazar el fluido bombeado” (p. 13).

2.5.11 Funcionamiento automático

La (NFPA 20, 2016) establece que “Cuando se utilice una válvula de descarga operada en forma eléctrica, debe controlarse mediante el controlador de la bomba de desplazamiento positivo” (p. 35).

2.5.12 Funcionamiento manual

La (NFPA 20, 2016) establece que “Debe contarse con medios en el controlador para garantizar el funcionamiento de la válvula de descarga durante el arranque manual” (p. 35).

2.5.13 Bombas de aditivos

Según la (NFPA 20, 2016) “Las bombas de aditivos deben cumplir con los requisitos para las bombas de concentrado de espuma” (p. 35).

2.5.14 Índice de flujos mínimos

Según la (NFPA 20, 2016) “Las bombas deben contar con flujos de concentrado de espuma que satisfagan la demanda máxima de flujo de espuma para el servicio que se llevará a cabo” (p. 36)

2.5.15 Presión de descarga

Según la (NFPA 20, 2016) “La presión de descarga de la bomba debe superar la presión de agua máxima bajo cualquier condición de funcionamiento en el punto de inyección del concentrado de espuma” (p. 36).

2.6 Norma para la Tanques de Agua para la Protección contra Incendios Privada NFPA 22

Según la (NFPA 22, 2018) “Esta norma describe los requisitos mínimos para el diseño, construcción, instalación y mantenimiento de tanques y equipamientos accesorios que suministran agua para la protección contra incendios privada” (p. 06).

2.6.1 Tanque de vejiga

La (NFPA 22, 2018) lo define como “Un tipo de tanque de presión que contiene aire y agua separados por una membrana flexible (vejiga)” (p. 10).

2.6.2 Tanque de ruptura

La (NFPA 22, 2018) establece que es “Un depósito que suministra succión a una bomba contra incendios cuya capacidad es menor que la demanda para protección contra incendios (tasa de flujo multiplicada por la duración del flujo)” (p. 10).

2.6.3 Tanque por gravedad

Según la (NFPA 22, 2018) es “Un tanque que usa elevación (cabeza) como una fuente de presión” (p. 10).

2.6.4 Tanque de presión

La (NFPA 22, 2018) lo define como “Un tanque que usa aire o algún otro gas bajo presión como un método de expulsar sus contenidos” (p. 10).

2.6.5 Tanque de succión

Según la (NFPA 22, 2018) “Un tanque que provee agua a una bomba contra incendios para el cual se provee una cantidad mínima de presión de cabeza (presión positiva en la succión de la bomba)” (p. 10).

2.6.6 Montante de tanque

La (NFPA 22, 2018) establece que es “Un conducto vertical de gran diámetro que rodea y encierra las tuberías por debajo de un tanque por gravedad elevado con el fin de proveer un medio de aislamiento y protección” (p. 10).

2.6.7 Tanque de abastecimiento

Según el (Benemérito cuerpo de bomberos de Costa Rica, 2013) “El suministro de agua debe ser suficiente para abastecer el caudal nominal de la bomba contra incendios por al menos 30 minutos” (p.66)

Cuando el tanque de agua del edificio tiene una capacidad neta de 57 m³ o más, el (Benemérito Cuerpo de Bomberos, 2013) establece que se debe instalar una toma directa según las siguientes características:

Tanque asentado o aéreo. Tubo en hierro negro cédula 40 de 150 mm de diámetro, debe contar con una válvula de vástago ascendente de 114 mm (4 ½ pulgadas) de diámetro con una terminal en rosca macho NST (National Standard Threat) y la tapa correspondiente, accesible a las máquinas de bomberos a una distancia máxima de 5 m entre la máquina y la toma. Deberá contar con un área adyacente que permita un radio de giro de 15 m y soporte un peso vehicular de 35 toneladas.

Tanque subterráneo. Placa anti vórtice dos veces el diámetro del tubo o 1.2 m x 1.2 m según la NFPA 22 edición 2013 o el equivalente en las versiones más recientes, tubo en hierro negro cédula 40 de 150 mm de diámetro, longitud máxima vertical 3 m, terminal en rosca NST (National Standard Threat) de 4.5 pulgadas con la respectiva tapa, accesible a la máquina de bomberos a una distancia máxima de 5 m entre la máquina y la toma. Deberá contar con un área adyacente que permita un radio de giro de 15 m y soporte un peso vehicular de 35 toneladas (p.66-67).

2.6.8 Caseta de bombeo

El (Benemérito cuerpo de bomberos de Costa Rica, 2013) establece que:

El tanque de abastecimiento y la unidad de bombeo deben ser ubicados lo más distante posible a todos los edificios (mínimo 15 metros), caso contrario será en un lugar estratégico para no ser dañado en caso de incendio. La unidad de bombeo contará con una caseta que reúna las siguientes características:

- Capaz de alojar todo el equipo de bombeo, con espacio suficiente para su manipulación y mantenimiento.
- Ventilado adecuadamente.
- Drenajes o medio de achique para caso de inundación por fuga accidental. (p. 67)

2.7 Código de Seguridad Humana NFPA 101

La (NFPA 101, 2018) establece que “El Código incluye aquellos aspectos de la construcción, protección y ocupación necesarias para minimizar el peligro para la vida humana causado por los efectos del fuego, incluyendo el humo, el calor y los gases tóxicos creados durante un incendio” (p. 23).

2.7.1 Área riesgosa

La (NFPA 101, 2018) la define como “Área de una estructura o edificio que posee un grado de riesgo mayor que el normal para la ocupación general del edificio o estructura” (p. 30).

2.7.2 Área ocupable

Tal como lo establece la (NFPA 101, 2018) es “Área de una instalación ocupada regularmente por personas” (p. 30).

2.7.3 Área de refugio

Según la (NFPA 101, 2018) se define como “Un área que consiste en (1) un piso en un edificio donde el edificio está totalmente protegido mediante un sistema aprobado y supervisado de rociadores automáticos y que tiene no menos de dos habitaciones o espacios accesibles, separados entre sí por tabiques resistentes al humo” (p. 30).

2.7.4 Barrera corta fuego

La (NFPA 101, 2018) lo define como una “Membrana continua o membrana con discontinuidades creadas por aberturas protegidas, con una certificación específica de protección contra incendio, donde tal membrana está diseñada y construida con una certificación específica de resistencia al fuego para limitar la propagación del fuego” (p. 31).

2.7.5 Barrera cortahumo

La (NFPA 101, 2018) establece que es una “Membrana continua o membrana con discontinuidades creadas por aberturas protegidas, donde tal membrana está diseñada y construida para restringir el movimiento del humo” (p. 31).

2.7.6 Barrera térmica

Según la (NFPA 101, 2018) es un “Material que limita la elevación de la temperatura promedio de una superficie no expuesta, a no más de 250°F (139°C) para una exposición al fuego especificada, que cumple con la curva normalizada de tiempo – temperatura establecida...” (p. 31)

2.8 Reglamento Nacional de Protección contra Incendios

El Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica es la organización a cargo de velar por el cumplimiento de las normativas para el diseño e instalación de los sistemas de protección contra incendios.

Tal como lo establece el (Benemérito cuerpo de bomberos de Costa Rica, 2020), en el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios: “Según se establece en el artículo 70 del Decreto N° 37615-MP, el presente reglamento busca establecer los principales requerimientos técnicos mínimos necesarios para el diseño básico de los elementos de protección contra incendios necesarios para las edificaciones” (p. 5).

Al establecer los requerimientos mínimos es necesario consultar las diferentes NFPA para aclarar los criterios faltantes tanto para el diseño como para la instalación del sistema. Por lo anterior, es que el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios establece que: “La normativa NFPA prevalece sobre el presente reglamento, pudiendo aplicarse únicamente las

excepciones expresamente establecidas en el presente reglamento. Según está establecido en el artículo 67 del Decreto N° 37615-MP” (p. 5).

Como las NFPA prevalecen sobre el reglamento y como éste establece los criterios mínimos, es necesario consultar constantemente lo establecido por las normas internacionales. En cuanto a las excepciones mencionadas en el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios, se establece que:

El Cuerpo de Bomberos de Costa Rica podrá solicitar hidrantes adicionales, o establecer las excepciones en la ubicación de hidrantes que estime necesarios, según estudio técnico que considere variables como: población a proteger, características de las edificaciones, historial de incendios en el área, características del recurso existente, confiabilidad de las fuentes de agua y otros factores de riesgo. (p. 75)

El Benemérito Cuerpo de Bomberos como organización responsable de velar por el correcto diseño e instalación de los sistemas de protección contra incendios puede solicitar, según criterios técnicos excepciones al realizar las auditorias correspondientes.

Capítulo III. Marco Metodológico

En el presente apartado se expone el concepto de marco metodológico, así como los elementos que lo componen, mismos que permiten desarrollar el proceso de investigación.

Azuero, (2018), citando a Franco (2011), establece que:

...el marco metodológico es el conjunto de acciones destinadas a describir y analizar el fondo del problema planteado, a través de procedimientos específicos que incluye las técnicas de observación y recolección de datos, determinando el “cómo” se realizará el estudio, esta tarea consiste en hacer operativa los conceptos y elementos del problema que estudiamos (p.112).

Según lo establecido anteriormente, los elementos que conforman el marco metodológico son los que permiten realizar los pasos correspondientes para analizar a fondo el planteamiento del problema establecido en el proyecto de investigación. Determinar los pasos a seguir y los instrumentos a utilizar para analizar e intentar dar solución al problema planteado son acciones que se realizan o se establecen gracias a la practicidad del marco metodológico.

3.1 Enfoque de investigación

En este apartado se definen las metodologías utilizadas en la presente investigación. Se utiliza el enfoque mixto. Tal como lo establecen (Hernández, Fernández, y Baptista , 2014), el enfoque mixto, “implica un conjunto de procesos de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema” (p. 532).

El enfoque cuantitativo, según (Hernández, et al, 2014): “Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p. 4).

Por otra parte, el enfoque cualitativo, según Hernández, Fernández, Baptista (2014): “Utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación” (p. 7).

El primer enfoque permite recolectar datos cuantificables, se utiliza principalmente para medir y obtener información mediante instrumentos estandarizados, mientras que el segundo enfoque amerita una contextualización más profunda del ambiente para reconocer características fundamentales para el proceso de investigación. La presente investigación utiliza ambos enfoques, aunque predomina el enfoque cualitativo.

3.1.1 Matriz de codificación para investigación con enfoque cualitativo

Tabla N° 7. Matriz de codificación: Investigación con Enfoque Cualitativo

Objetivo	Categoría de Análisis	Subcategoría	Definición Conceptual	Instrumento	Ítem
Crear un manual para el diseño de un sistema contra incendios.	1.Sistemas contra incendios de gabinetes clase 2 con tomas clase 1 2.Sistemas contra incendios de gabinetes clase 3 con tomas clase 1	Gabinetes Tanques de agua	Especificaciones técnicas de los gabinetes Especificaciones técnicas de los tanques de agua	Análisis de normas internacionales.	Requerimientos técnicos de los sistemas Especificación de los materiales.
Analizar las normas internacionales para los sistemas contra incendios.	NFPA 10 NFPA 14 NFPA 20 NFPA 22 NFPA 101	Extintores Montantes y Mangueras Bombas Tanques de agua Seguridad Humana	Distinción del equipo requerido en el diseño de un sistema contra incendios.	Análisis de normas internacionales	Información establecida en las NFPA correspondientes
Recomendar pasos a seguir en el diseño de un sistema contra incendios.	Especificaciones procedimentales de los sistemas contra incendios	Medidas eficientes de procedimientos en un diseño	Procedimientos necesarios en el diseño de un sistema contra incendios.	Normativas de sistemas contra incendios	VARIABLES del diseño de sistemas contra incendios.
Describir los parámetros	Especificaciones técnicas	Mediante las diferentes	Especificaciones técnicas	Análisis de la normativa	Información establecida

necesarios para los sistemas contra incendios	para sistemas contra incendios	normativas internacional es en materia de sistemas contra incendios.	establecidas por la normativa internacional.	internacional relacionada a sistemas contra incendios.	por la normativa internacional .
---	--------------------------------	--	--	--	----------------------------------

3.1.2 Matriz de codificación para investigación con enfoque cuantitativo

Tabla N° 8. Matriz de codificación: Investigación con Enfoque Cuantitativo

Objetivo	Variable	Indicador	Definición conceptual	Definición operacional	Definición instrumental
Determinar las implicaciones del diseño de un sistema contra incendios	Determinar los pasos a seguir en el cálculo del sistema hidráulico necesario para los sistemas contra incendios	Cálculo hidráulico.	Se realizan cálculo hidráulico para el sistema contra incendios para el plano utilizado.	Se realiza el cálculo hidráulico manualmente y por medio de un software especializado.	Recopilar información necesaria para el cálculo hidráulico.

3.2 Método de investigación

La investigación es exploratoria, (Hernández, Fernández, y Baptista , 2014), establecen que este tipo de investigaciones “Se emplean cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado” (p. 91), en este caso es exploratorio, principalmente porque es el primer trabajo que se está realizando.

También es una investigación descriptiva, ya que tal como lo establecen (Hernández, et al 2014):

...se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice (p. 92).

Los enfoques y el tipo de investigación implementados, dan respuesta a los objetivos establecidos en el presente trabajo. La idea principal es dar solución al problema planteado, utilizando métodos y aplicando instrumentos, que permitan la obtención de información necesaria para encontrar una solución viable y pertinente.

3.3 Fuentes de información

Las fuentes permiten recolectar información relevante para la presente investigación, (Hernández et al, 2014) determinan que:

.... las fuentes primarias o referencias son libros, antologías, artículos de publicaciones periódicas, monografías, tesis y disertaciones, documentos oficiales, informes de asociaciones, ponencias dictadas en conferencias o seminarios, artículos periodísticos, testimonios de expertos, documentales, videgrabaciones en diferentes formatos, foros, páginas y sitios en internet. (p. 57)

En lo referente a las fuentes secundarias, (Hernández, et al, 2014) indican que “las fuentes secundarias corresponden a compilaciones y resúmenes de referencias o fuentes primarias

publicadas en un área de conocimiento en particular. Es decir, reprocesan información de primera mano, haciendo uso de artículos, libros, tesis, disertaciones y otros documentos” (p. 58)

3.3.1 Tesis relacionadas con el tema

Para el presente proyecto se analiza información extraída de tesis están brevemente explicadas en los antecedentes.

3.3.2 Normas de la asociación nacional de la protección contra incendios

La asociación es la encargada de crear y mantener las normas y requisitos mínimos para la prevención contra incendio, capacitación, instalación y uso de medios de protección contra incendio por lo que es fundamental para el presente escrito.

3.3.3 Manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios del benemérito cuerpo de bomberos de costa rica

Dicho documento es una guía que establece los requerimientos básicos para la reducción del riesgo de incendio que debe cumplir toda edificación de modo tal que proporcione a los ocupantes una adecuada y razonable protección en caso de emergencia, se toma como base para lograr simplificar las normas dadas por la NFPA que aplican en este documento de una forma correcta.

Capítulo IV. Diseño del manual

A continuación, se presentan los requerimientos establecidos por las normas internacionales, los cuales deben considerarse para el diseño e instalación de sistemas contra incendios de gabinetes clase 2 y clase 3 con conexión a la toma de bombero, para cumplir con los estándares establecidos.

El presente manual se divide en 20 pasos, los cuales son los pasos mínimos que se deben contemplar en el diseño y cálculo hidráulico de un sistema contra incendios. Los pasos del manual se dividen de la siguiente manera.

Paso 1. Acoples flexibles

Paso 2. Manómetros

Paso 3. Conexión de Bomberos

Paso 4. Sistemas Clase II

Paso 5. Sistemas Clase III

Paso 6. Análisis del plano

Paso 7. Distribución de bienes dentro de la edificación

Paso 8. Distribución de la tubería

Paso 9. Comprobación de tomas clase I mediante círculos

Paso 10. Método de recorrido real

Paso 11. Comprobación de gabinetes clase II mediante círculos

Paso 12. Método de recorrido real

Paso 13. Ubicación de la tubería según la altura

Paso 14. Generalidades del cálculo hidráulico

Paso 15. Ecuaciones

Paso 16. Ubicación de nodos para análisis del cálculo hidráulico

Paso 17. Cálculo hidráulico

Paso 18. Cálculo hidráulico mediante software

Paso 19. Comparación de los cálculos hidráulicos

Paso 20. Soportería

Paso 1. Acoples flexibles

En el diseño e instalación de los sistemas contra incendio se deben considerar los requerimientos establecidos por las normas internacionales, esto para realizar uniones de tubería de manera segura, logrando así el correcto funcionamiento del sistema. Las normas estableces las consideraciones que se deben seguir al utilizar los acoples. A continuación se detallan los aspectos que se deben tener en cuenta.

Aspectos generales sobre los acoples flexibles

La (NFPA 13, 2019) , determina todos los aspectos que deben ser considerados en la instalación de acoples flexibles, para efectos de esta investigación es importante conocer que los acoples flexibles deben ser provistos en secciones individuales de tubería de 65mm o más. Además, la norma establece los pasos a seguir en la instalación de los acoples flexibles, los cuales se citan a continuación:

Dentro de 60cm de la parte superior e inferior de todos los montantes, a menos que se cumplan las siguientes disposiciones: En montantes de menos de 90cm de longitud, debe permitirse omitir los acoples flexibles, en montantes de 90cm a 210cm de longitud, un solo acople flexible debe ser adecuado. También en los edificios de plantas múltiples, a menos que se cumpla la siguiente disposición: En montantes de hasta 210cm de longitud que terminen por encima del conjunto de montaje del techo o rellano superior, no debe requerirse el acople flexible por encima del conjunto de montaje del techo o rellano. (p. 153)

A ambos lados de muros de concreto o mampostería dentro de 30cm de la superficie de los muros, a menos que se provea un espacio libre de acuerdo a lo establecido. Dentro de 60cm de juntas de expansión del edificio. Dentro de 60cm de la parte superior de bajantes que excedan de 4.6 m de altura hasta partes de los sistemas que abastecen a más de un rociador, independientemente del tamaño de la tubería. Dentro de 60cm por encima y 60cm por debajo de cualquier punto de apoyo intermedio para un montante u otra tubería vertical. (p. 153)

Los acoples flexibles permiten cierta movilidad al momento de un sismo, por este motivo es de vital importancia cumplir con los requerimientos establecidos por la norma y así el sistema no se vea comprometido.

La (NFPA 13, 2019) considera los casos cuando el acople flexible situado debajo del piso esté por encima de la tubería principal de conexión con la tubería principal que abastece al piso, en este caso debe proveerse un acople flexible de acuerdo con uno de los siguientes ítems: (a) En la parte horizontal, dentro de 60cm de la conexión donde la conexión es horizontal (b) En la parte vertical de la conexión donde la conexión incorpora un montante. (p. 153)

En el caso de los acoples flexibles para bajantes. Los acoples flexibles para bajantes con líneas de mangueras, rociadores en estanterías, entrepisos y estructuras autoportantes, según la (NFPA 13, 2019) deben ser instalados, independientemente del tamaño de la tubería, de la siguiente manera:

Dentro de 60cm de la parte superior de la bajante (b) Dentro de 60cm por encima del accesorio de soporte de la bajante en la posición más alta, donde se provean soportes para bajantes para la estructura, estantería o entrepiso (c) Dentro de 60cm por encima de la parte inferior de la bajante donde no se provee un soporte adicional para la bajante. (p. 153)

Los acoples flexibles son indispensables en la instalación de un sistema contra incendios, ya que permiten que con el paso del tiempo el sistema cumpla su función, además de proteger al mismo en caso de sismo. Al realizar las instalaciones de los diferentes sistemas, es elemental considerar todo lo establecido por la norma y de esta manera asegurar un debido funcionamiento ante diversos escenarios.

Espacio libre.

Todas las tuberías utilizadas para la construcción de una estructura deben cumplir con un espacio libre, para estos efectos, la (NFPA 13, 2019) establece las consideraciones para la tubería cuando traspasa una estructura (p. 153), tal como se muestra a continuación:

Cuando la tubería atraviesa orificios en plataformas, cimientos, muros o pisos, se hacen dos grupos, para tuberías de 25mm a 89mm el orificio debe ser 63mm más grande de la tubería y para tuberías de 100mm en adelante deben ser 100mm más grande que la tubería.

No se requiere un espacio libre si atraviesa cartón de yeso o alguna estructura igual de frágil, así como si hay un acople flexible a no más de 30cm a cada lado del muro o bien si se cumple los requisitos iniciales.

Al igual que en el caso de los acoples flexibles, el espacio libre entre tuberías y la estructura del edificio se debe respetar ya que asegura la estructura del sistema en caso de un sismo. Es necesario respetar la distancia mínima establecida por la norma para garantizar una correcta movilidad del tubo y asegurar la integridad del mismo.

Paso 2. Manómetros

Los manómetros permiten la inspección del sistema, esto facilita la labor de las personas encargadas de instalar y monitorear al sistema. A continuación, se detallan las consideraciones establecidas por la norma.

La (NFPA 13, 2019) establece las consideraciones que se deben tener al utilizar los manómetros en los sistemas contra incendios, establece que además de ser accesibles tanto como para el funcionamiento como para la inspección, pruebas y mantenimiento, se deben considerar aspectos como instalarlos “encima y debajo de cada válvula de retención de alarma o válvula de retención del montante del sistema donde haya tales dispositivos”. (p. 62) La (NFPA 13, 2019), en la página 139, cita que:

Debe instalarse un manómetro con una conexión no menor de 6 mm en el drenaje principal del sistema, en cada drenaje principal asociado con una válvula de control de piso, y en el lado de entrada y salida de cada válvula reductora de presión.

Cada conexión de un manómetro debe estar equipada con una válvula de cierre y prestaciones para drenaje.

Los manómetros requeridos deben estar aprobados y deben tener un límite máximo no menor que dos veces la presión de trabajo normal del sistema en el punto donde están instalados.

Para el correcto funcionamiento de un sistema contra incendio es necesario contemplar todas estas consideraciones para de esta manera garantizar el correcto funcionamiento del mismo. Los manómetros permiten al personal encargado del mantenimiento o supervisión del sistema obtener datos del mismo y de esta manera poder monitorearlo oportunamente.

Información General para sistemas de montantes

La NFPA 14, es la norma que establece las consideraciones que se deben tener en cuenta al momento de instalar sistemas montantes, para estos efectos, se deben respetar los aspectos que se detallan a continuación.

La (NFPA 14, 2019), establece que para los sistemas montantes:

Dentro del gabinete, las conexiones para mangueras deben estar ubicadas de manera que hayan al menos 2 pulg. (50 mm) entre cualquier parte del gabinete, distinta de la puerta y del mango de la válvula cuando la válvula está en cualquier posición que esté entre totalmente abierta y totalmente cerrada. (p. 15)

Cada conexión para manguera provista para uso de personal entrenado (sistemas de Clase II y Clase III) debe estar equipada con no más de 100 pies (30.5 m) de manguera contra incendios listada, de 1-1/2 pulg. -(40 mm), revestida, plegable o no plegable adosada y lista para ser usada. (p.15)

Además de esto la NFPA 14, establece que la tubería de alimentación debe ser no menos de 4" de diámetro y que para el montante del sistema (La tubería horizontal o vertical sobre la superficie del terreno, situada entre el suministro de agua y las tuberías principales) debe instalarse válvula de control, manómetro, drenaje, alarma de flujo. (p.15-16). Esto con el fin de poder garantizar un adecuado funcionamiento del sistema.

Es necesario contemplar los requerimientos de los montantes, para garantizar su adecuada utilización tanto por el Cuerpo de Bomberos como por la brigada de la institución según corresponda en cada caso.

La conexión para el drenaje principal debe considerar el tamaño del montante del sistema, tal como lo establece la NFPA 14, 2019, la misma se puede verificar en la tabla N° 9.

Tabla N° 9. Tamaños de drenajes de montantes principales

Δ Tabla 7.11.2.1.1 Tamaños de drenajes de montantes principales

Tamaño de montante	Tamaño de conexión para drenaje
Hasta 2 pulg. (50 mm)	¼ pulg. (20 mm) o más
2½ pulg. (65 mm), 3 pulg. (80 mm) o 3½ pulg. (90 mm)	1¼ pulg. (32 mm) o más
4 pulg. (100 mm) o más	2 pulg. (50 mm) o más

Fuente: NFPA 14. (p.27). Tamaños de drenajes de montantes principales

Tal como se observa en la tabla N°9, debe existir una relación entre el drenaje del sistema y el montante del mismo, ya que éste último es el que permite un adecuado drenado. La relación entre estos permite funcionamiento óptimo del sistema cuando haya que realizar un mantenimiento o modificación.

La NFPA 14, establece que las tasas de flujo general deben ser de 1250 gpm para edificios sin radiadores. (p.25). Además, el tiempo que debe funcionar el suministro de agua debe ser de al menos 30 minutos, cumpliendo los requisitos según la clase de montante.

Información por según la clase de montante.

Paso 3. Conexión de bomberos.

Los sistemas clases I son indispensables en los casos donde controlar el fuego resulta complicado por la magnitud del evento. A continuación, se detallan las consideraciones establecidas por la norma para estos sistemas.

La NFPA 14, determina todo lo relacionado a las tasas de flujo de los sistemas clase I y clase III, es importante considerar que de ninguna manera deben permitirse válvulas de aislamiento entre la conexión del cuerpo de bomberos y donde las tuberías de la conexión del cuerpo de bomberos se conectan con las tuberías del sistema. Además, es necesario instalar una válvula de retención listada en cada una de las conexiones del cuerpo de bomberos y debe estar ubicada en un lugar accesible.

La (NFPA, 14, 2019) establece que las válvulas no pueden estar obstruidas y deben estar instaladas entre 0.9m y 1.5m por encima del piso. (p. 23) Esto es necesario para garantizar un correcto funcionamiento y permitir un adecuado mantenimiento, según corresponda. La NFPA 14 también establece que la conexión del cuerpo de bomberos debe estar ubicada a no menos de 18 pulg. (450 mm) y a no más de 4 pies (1.2 m) por encima del nivel del terreno adyacente o nivel de acceso. (p. 22) Esto para garantizar un adecuado funcionamiento del sistema.

Las conexiones del cuerpo de bomberos deben ser visibles y reconocibles desde la calle o punto más cercano de accesibilidad para los vehículos del cuerpo de emergencias, según corresponda o del lado de la calle de edificios.

La (NFPA 14, 2019) establece que: “Cada conexión del cuerpo de bomberos debe estar designada mediante un letrero, con letras de al menos 1 pulg. (25.4 mm) de altura, con la expresión “MONTANTE...””. (p.40) En el caso de los sistemas manuales, el letrero debe también indicar que el sistema es manual y que es húmedo o seco. Además, según la NFPA 14: “Debe haber también un letrero que indique la presión requerida en las salidas para la descarga de la demanda del sistema de montantes.” (p. 40) Sin embargo, si la presión requerida es de 150 psi o menos no se requiere el letrero.

La NFPA 14 establece que “las conexiones de bombero no deben estar ubicadas a más de 30.5 m del hidrante más próximo”. (p. 40) Esto debe cumplirse para garantizar un adecuado accionar al momento de un siniestro.

También es importante considerar que la presión estática no debe exceder los 175 psi, si lo excede debe proveerse un dispositivo regulador de presión para que no sobre pase dicha presión,

además deben proveerse conexiones para mangueras en cada descanso de piso principal de las escaleras de salida requeridas o bien solicitadas por la autoridad competente. (NFPA 14, 2019)

La distancia de recorrido debe ser de 39.7m. (p. 23) Además, debe existir un flujo de 500gpm en las dos conexiones más remotas, sin embargo, para un montante horizontal que tres o más conexiones debe existir un flujo de 750gpm. (p. 23 – 25)

Se deben considerar los requerimientos anteriores para garantizarle al cuerpo de bomberos un rápido accionar en caso de un siniestro, disminuyendo así las posibles afectaciones a la estructura y al medio ambiente. En la figura N° 1, se muestra una toma clase I.

Figura N° 1. Toma clase I



Fuente: Elaboración propia.

Paso 4. Sistema Clase II

Tal como se observó anteriormente, es necesario considerar las especificaciones de cada caso para diseñar e instalar el sistema contra incendio necesario en cada edificación. Los sistemas clase II se instalan en el interior del edificio, usualmente para las brigadas de emergencias de la empresa, la norma establece los criterios a considerar para estos casos, los cuales se detallan a continuación.

La (NFPA 14, 2019) establece que deben instalarse de manera que a cada 39.7m haya una conexión para manguera de 1.5” y si la manguera es menor a 1.5” la distancia será de 36.6m, dicha distancia es desde la conexión de la manguera, además que el flujo debe ser de 100 gpm en la manguera más remota a 65psi. (p. 24)

Los sistemas clase II, permiten a las personas capacitadas accionar de manera rápida y eficiente ante un conato de incendio para evitar su propagación. En la figura N° 2 se muestra un gabinete clase II.

Figura N° 2. Gabinete clase II.



Fuente: Elaboración propia.

Paso 5. Sistema Clase III

Los sistemas clase III se deben considerar dependiendo los recorridos de las mangueras en la edificación, si el recorrido no cumple con la cobertura solicitada por la NFPA, esto por la distribución de bienes dentro de la construcción, se debe contemplar este sistema en el diseño para su posterior instalación.

Los sistemas clase III se instalan en el interior del edificio y contemplan las tomas de agua del sistema clase I y clase II, por este motivo el cuerpo de bomberos y los brigadistas pueden hacer uso del mismo en caso de ser necesario. Al utilizar un sistema de clase III, la NFPA 14 establece

que: “Los sistemas de Clase III deben estar provistos de conexiones para mangueras según lo requerido para sistemas tanto de Clase I como de Clase II”. (p. 24)

Tal como lo establece la NFPA 14, 2019:

Un sistema de montantes de Clase III debe proveer estaciones de mangueras de 40 mm para suministrar agua para uso por parte del personal entrenado y conexiones para mangueras de 65 mm para suministrar un mayor volumen de agua para uso de los cuerpos de bomberos y de aquellos que estén entrenados en la manipulación de grandes chorros para combate de incendios. (p.18)

Puede usarse un sistema de montantes húmedo manual para satisfacer la demanda de un sistema de Clase III, siempre y cuando el suministro de agua pueda proveer 100 gpm a 65 psi (379 L/min 4.5 bar) a la conexión para manguera de 40 mm más remota. El cuerpo de bomberos puede proveer el resto de la demanda a través de la conexión del cuerpo de bomberos. (p.45)

Al trabajar con un sistema clase III es importante considerar todos los requerimientos anteriormente mencionados, para poder asegurar un funcionamiento óptimo del sistema contra incendios. En la figura N° 3 se puede observar un gabinete clase III.

Figura N° 3. Gabinete clase III.



Fuente: Elaboración propia.

Después de considerar estas generalidades se debe iniciar el diseño con base en el plano de la edificación en la que se realiza el proyecto.

Diferencias entre los sistemas clase I, clase II y clase III

Según lo expuesto en los pasos 3, 4 y 5 del presente manual, se observan diferencias entre los sistemas, los mismos se detallan a continuación en la siguiente tabla.

Tabla N°10. Diferencias entre los sistemas

Diferencias entre los sistemas		
Clase I	Clase II	Clase III
<ul style="list-style-type: none"> • Válvula de 2-1/2 in. • Utilizado por el cuerpo de bomberos. • Caudal de 250gpm @ 100psi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Válvula de 1-1/2 in. • Utilizado por el cuerpo de brigada de emergencias o el cuerpo de bomberos. • Caudal de 100gpm @ 65psi 	<ul style="list-style-type: none"> • Válvula de 1-1/2 in más válvula de 2-1/2 in. • Utilizado por el cuerpo de brigada de emergencias o el cuerpo de bomberos, según corresponda. • Caudal de 250gpm @ 100psi debido a la conexión de bomberos.

Fuente: Elaboración propia.

Es necesario conocer las diferencias entre los sistemas para determinar de manera eficiente cuál o cuáles son los más óptimos para la edificación en la que se trabaja. Las figuras 1, 2 y 3 muestran los sistemas, en este caso se pueden apreciar las diferencias físicas que existen entre ellos.

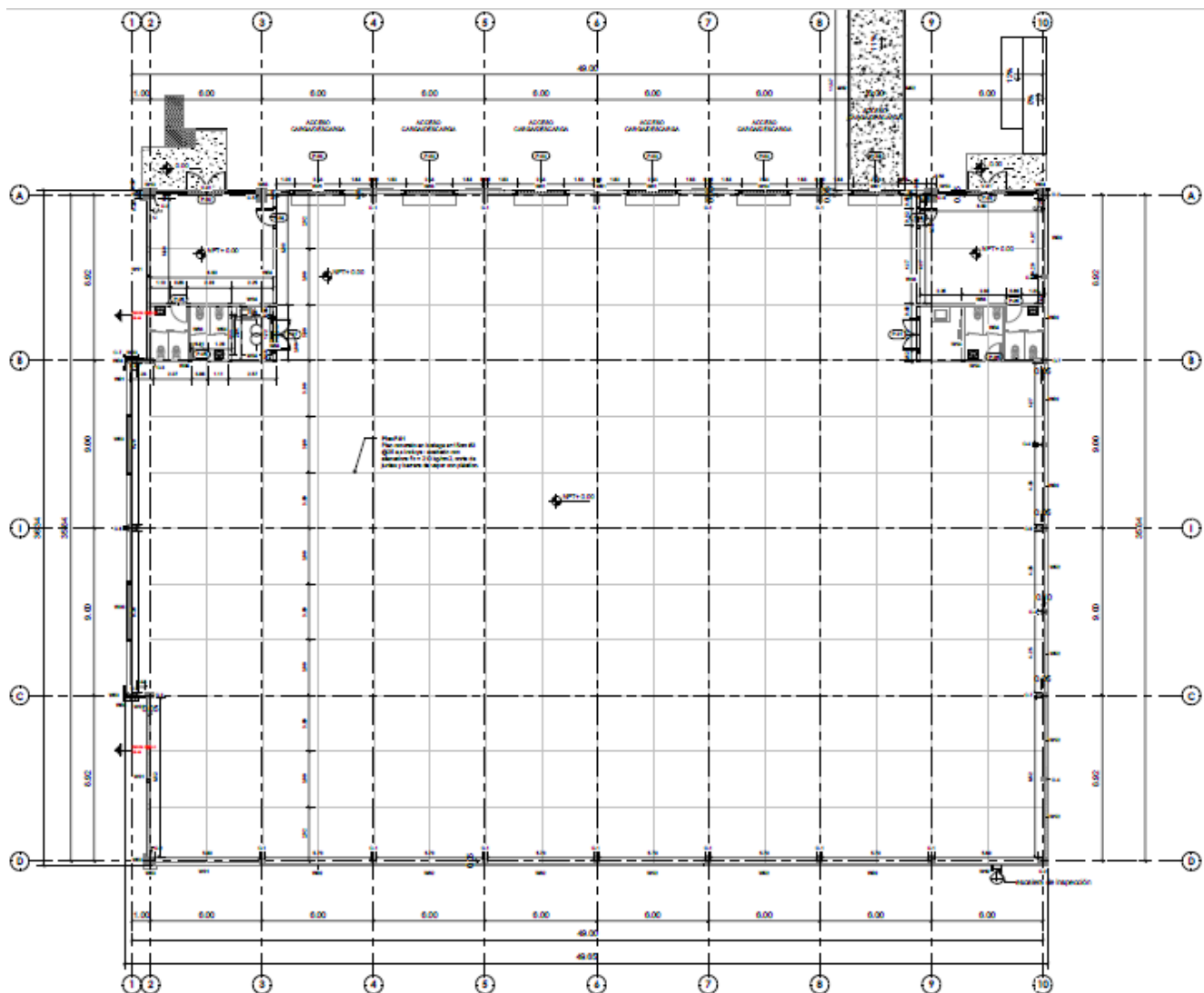
Paso 6. Análisis de plano

Cada sistema contra incendio es un diseño personalizado que se ajusta a las características y requerimientos de la edificación. A continuación, se muestra un plano de ejemplo para realizar los pasos pendientes, es importante considerar que este plano es para una bodega de almacenamiento.

En este caso, se utiliza un plano de una bodega de almacenaje de un total de 1779.5 metros cuadrados. Más adelante, se plantean los pasos que se deben seguir en cada plano para la

elaboración del cálculo y el diseño. En la figura N° 4 se muestra la vista de planta del plano y en la figura N° 5 se pueden observar las vistas laterales del mismo.

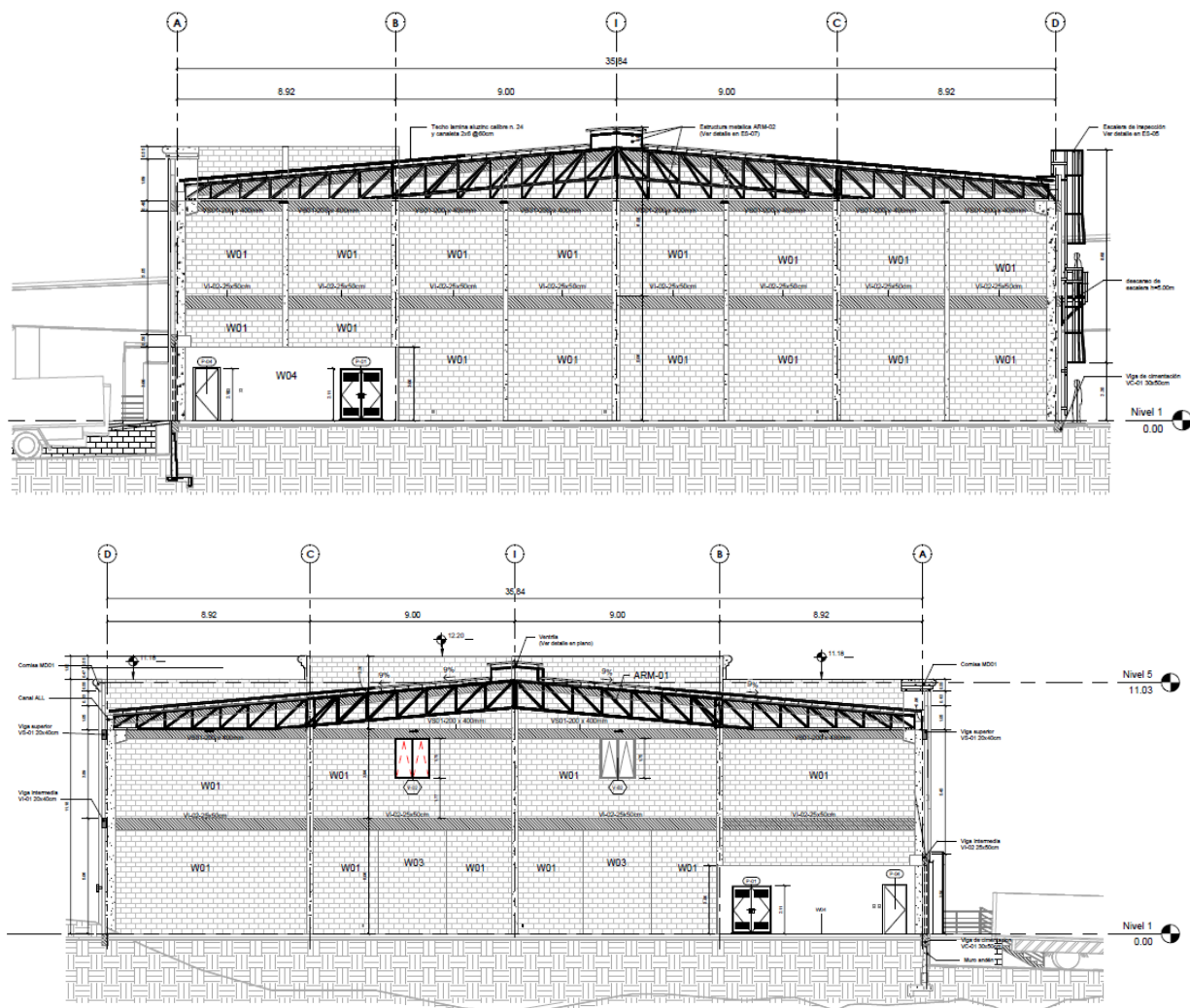
Figura N° 4. Vista de planta



Fuente: Elaboración propia.

La persona que diseñe el sistema contra incendio debe realizar un análisis detallado de la estructura que ya existe en la edificación para garantizar una armonía entre los diferentes sistemas de la edificación.

Figura N° 5. Vistas laterales

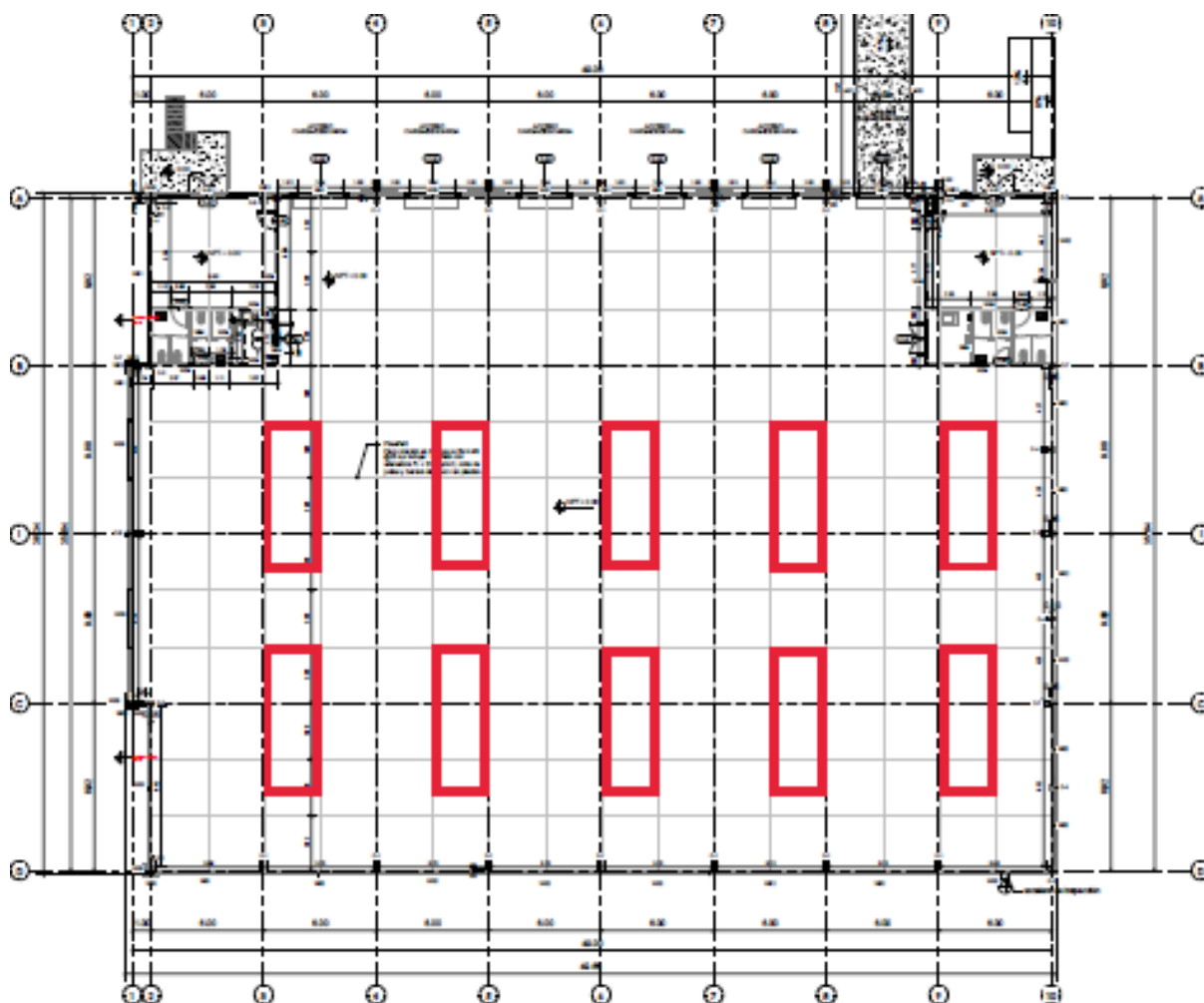


Fuente: Elaboración propia.

Paso 7. Distribución de bienes dentro de la edificación

Una vez que se analizan los planos y la estructura de la edificación se procede a realizar la distribución de bienes dentro de la edificación. A continuación, se muestra un boceto de estantes de almacenaje, esto se realiza para visualizar las obstrucciones de los recorridos de los gabinetes y conexiones de manguera. En este caso se establecen estantes de 8m (largo) x 3m (ancho) x 6m (alto); estas medidas se establecen como ejemplo para la realización del diseño y cálculo hidráulico del sistema. En la figura N° 6 se puede apreciar la ubicación de los estantes en el plano.

Figura N° 6. Ubicación de estantes

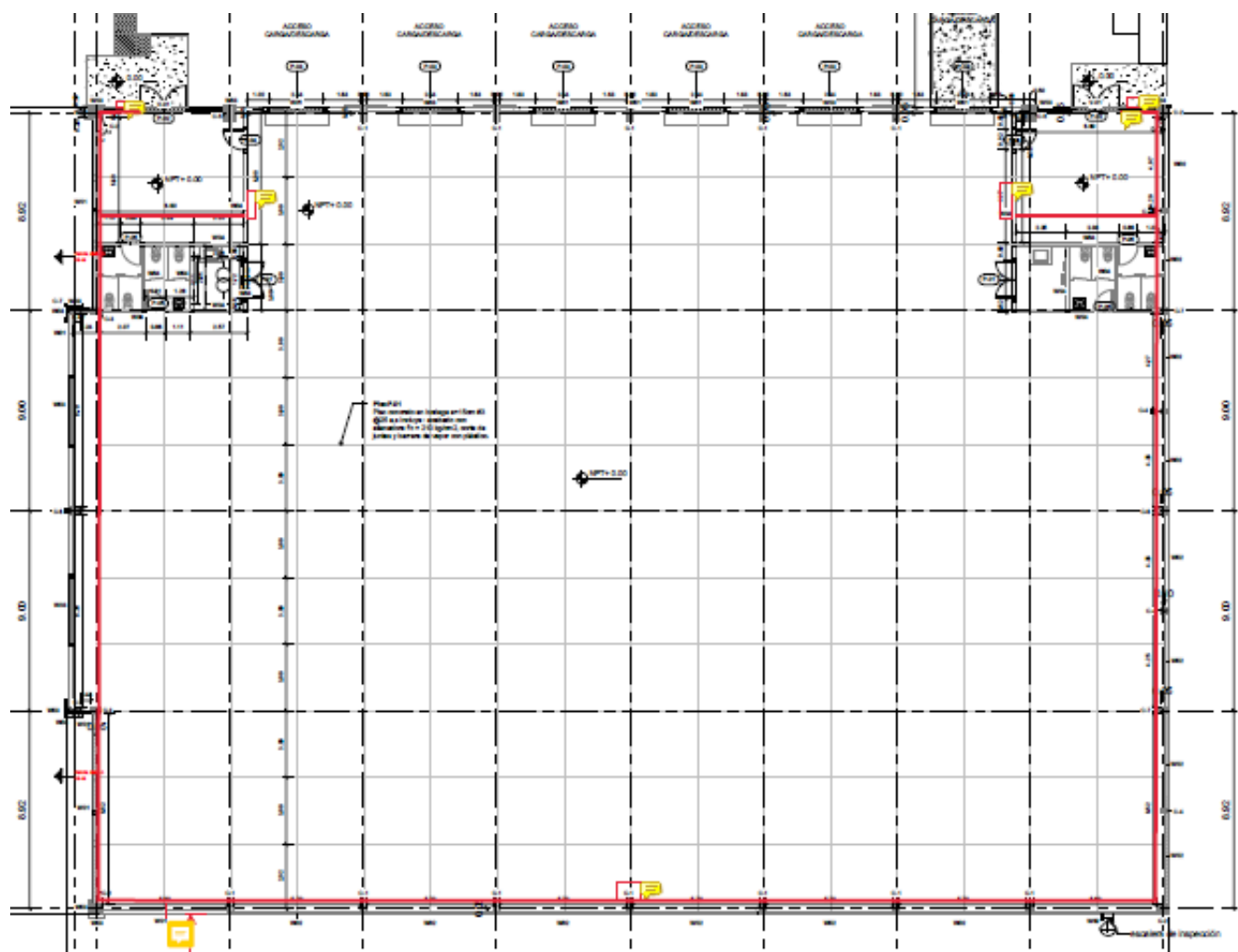


Fuente: Elaboración propia.

Paso 8. Distribución de tubería

Una vez realizada la distribución de estantes, se debe seguir con la realización de un dibujo de la trayectoria de la tubería, considerando los elementos de supresión de incendio que se presentan en este documento. En la figura N° 7 se observa el trayecto de la tubería en el plano utilizado.

Figura N° 7. Trayecto de tubería



Fuente: Elaboración propia.

La trayectoria de la tubería debe asegurar el correcto funcionamiento del sistema en caso de un conato de incendio.

Una vez realizados los pasos anteriores, se deben definir los equipos necesarios para el sistema. Para este caso, la bodega de almacenamiento, considerando los requerimientos establecidos en los pasos 5, 6 y 7, amerita dos conexiones de bomberos, ubicados en las entradas principales de la bodega. Además, necesita dos gabinetes clase II, los cuales deben estar propiamente dentro de la zona de almacenaje; adicionalmente, es necesaria la presencia de un gabinete clase III en la pared final de la zona de almacenaje.

La anterior distribución contempla el accionar del sistema desde los diferentes ángulos de la edificación, permitiendo así un rápido y eficaz accionar en caso de incendio.

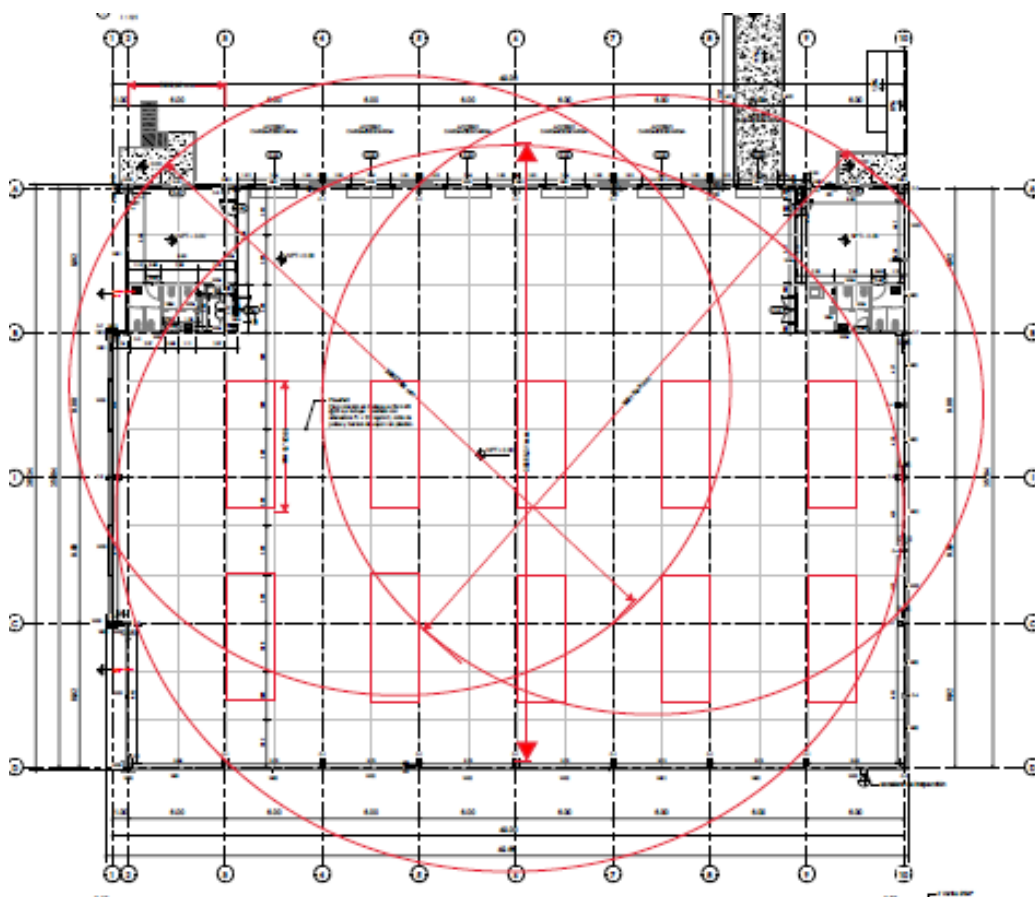
Paso 9. Comprobación de tomas clase I mediante círculos

Una vez realizada la distribución de la tubería, se debe proceder a realizar la comprobación del alcance de las tomas clase I, para esto se debe utilizar el método de círculos.

A continuación, se presenta un boceto con el método de círculos, respetando el punto de equipo de supresión de incendio y el respectivo recorrido esto se hace para visualizar el traslape de los equipos clase I. Para la utilización del método de círculos se debe tomar como referencia de diámetro el recorrido de la conexión, establecido por la NFPA, establecido en el paso 4 del presente manual.

En la figura N° 8 se evidencia la utilización del método de círculos en las tomas Clase I.

Figura N° 8. Método de círculos, tomas clase I



Fuente: Elaboración propia.

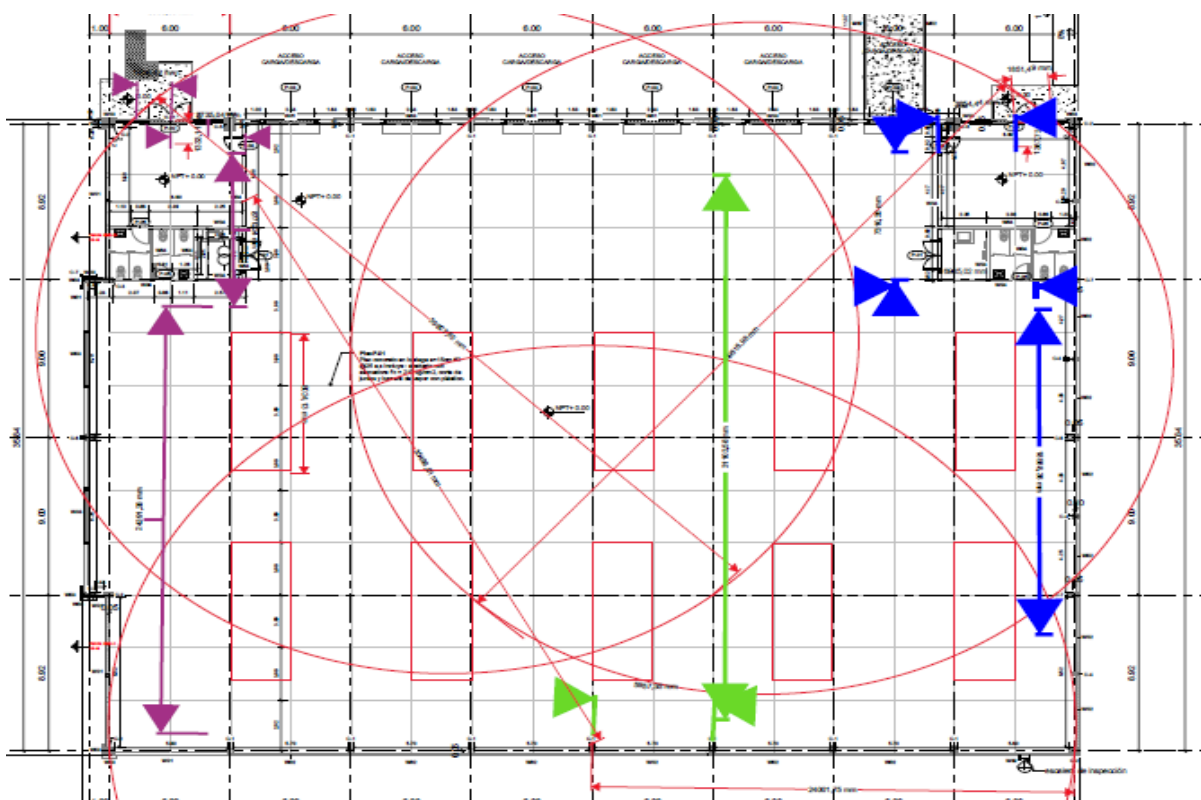
Paso 10. Método del recorrido real

Después de realizar la comprobación general del alcance de las tomas clase I, se debe continuar con el método de recorrido real, el cual consiste en visualizar el recorrido más desfavorable de la manguera, para visualizar el alcance máximo de la misma.

El caso más desfavorable se entiende por una situación en donde, por diferentes motivos la manguera presente muchos obstáculos en el trayecto y esto dificulta el tiempo de acción del sistema.

A continuación, se presenta un boceto de los recorridos más desfavorables de cada equipo del sistema de montantes, se puede observar en las líneas moradas y azules un recorrido de la toma contra incendios y con línea verde presenta la conexión de manguera que posee el gabinete clase III. En la figura N° 9 se muestran los recorridos de las tomas clase I.

Figura N° 9. Recorridos tomas clase I



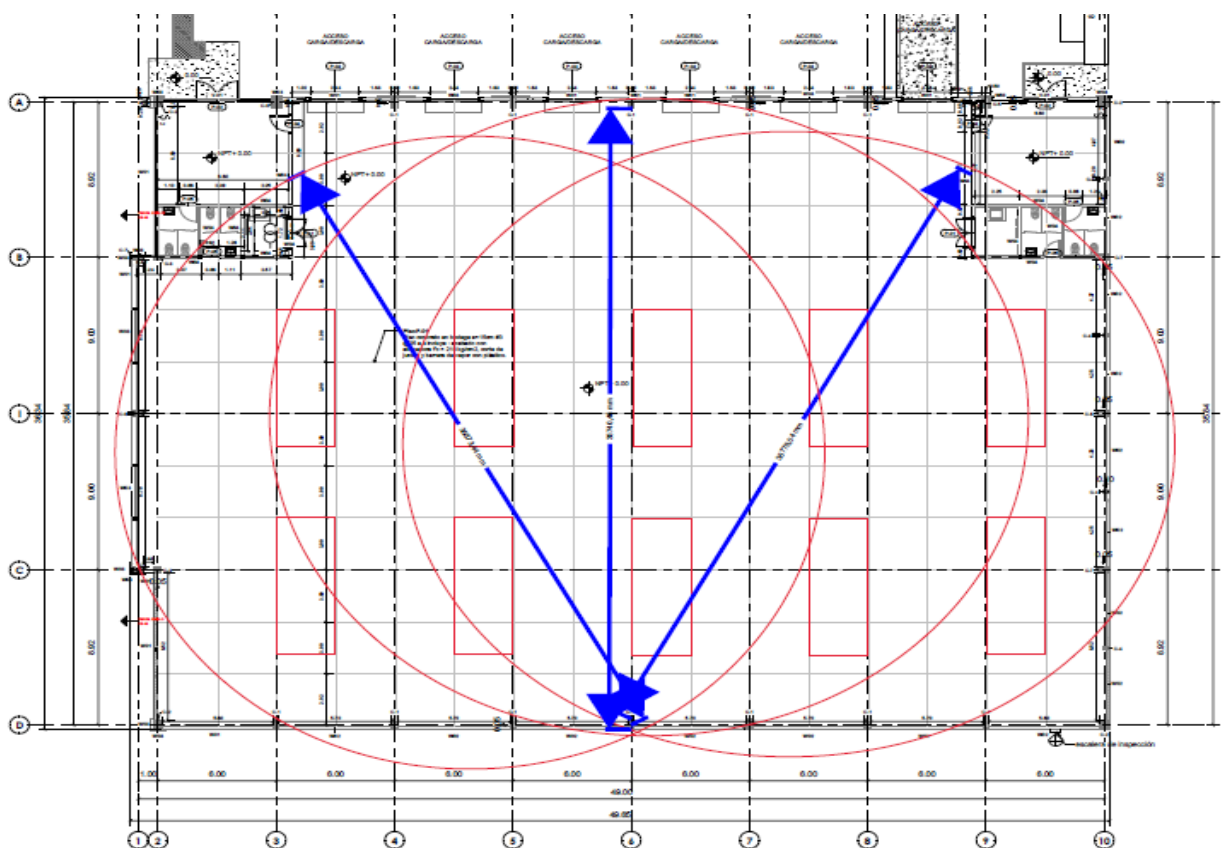
Fuente: Elaboración propia.

Paso 11. Comprobación de gabinetes clase II mediante círculos

Después de utilizar el método para definir el recorrido real, se debe continuar con la comprobación general del alcance de los gabinetes clase II.

A continuación, se presenta por medio de un diseño, utilizando el método de círculos, la comprobación del alcance de los gabinetes clase II. En la figura N° 10 se observa el método de círculos aplicados en los gabinetes clase II.

Figura N° 10. Método de círculos, gabinetes clase II



Fuente: Elaboración propia.

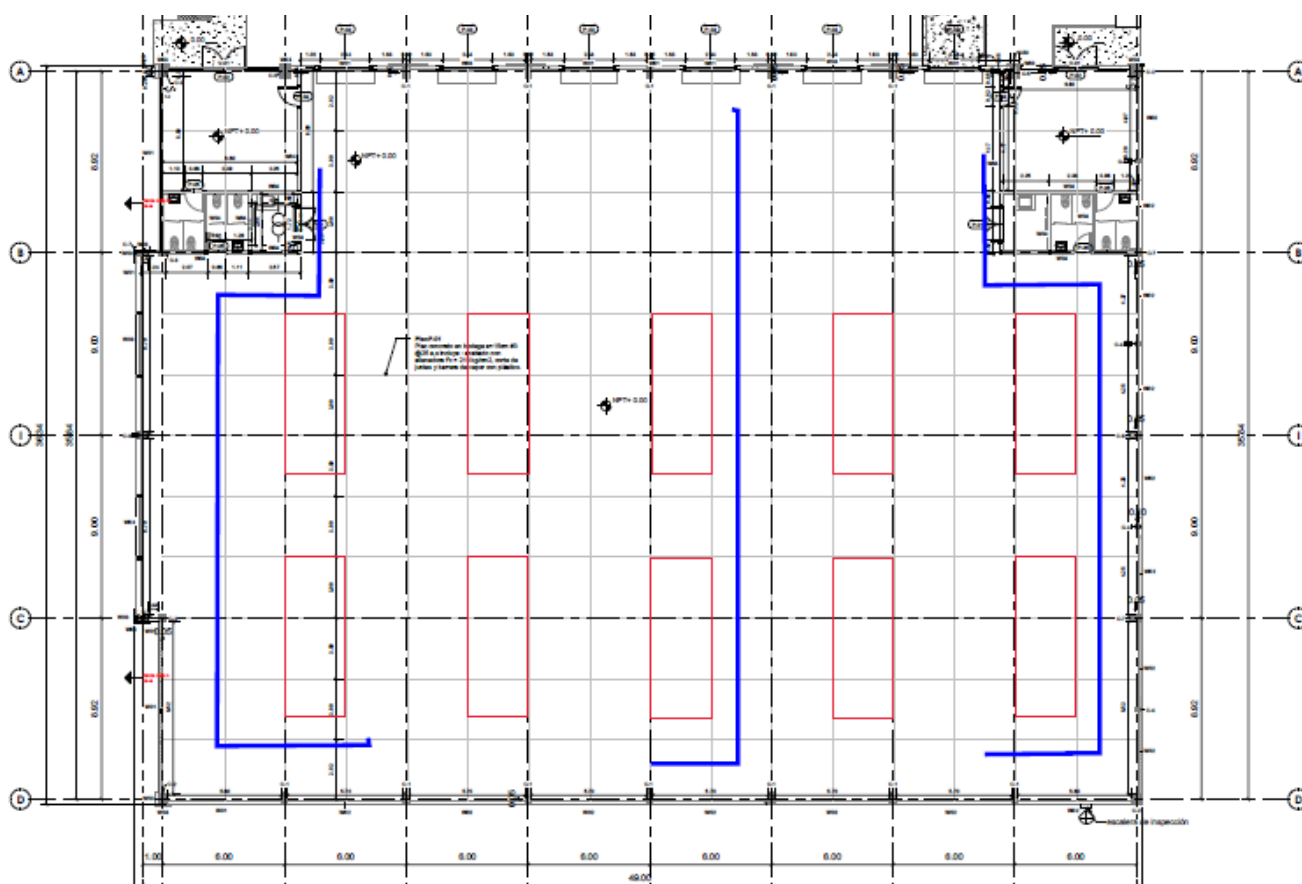
Esta comprobación se debe utilizar para que exista un traslape entre los recorridos de las mangueras, según lo establecido por la NFPA, descrito anteriormente en el paso número 4 de este manual.

Paso 12. Método de recorrido real

El método de recorrido real se debe volver a realizar para comprobar que el recorrido de la manguera abarque toda la edificación. Para esto, se debe contemplar el caso más desfavorable, tal como se explicó en el paso número 10 del presente manual.

El método de las líneas permite visualizar el recorrido de la manguera según lo establecido por la norma y descrito anteriormente en este manual en el paso número 5. En la figura N° 11 se puede apreciar los recorridos de los gabinetes clase II.

Figura N° 11. Recorridos gabinetes clase II



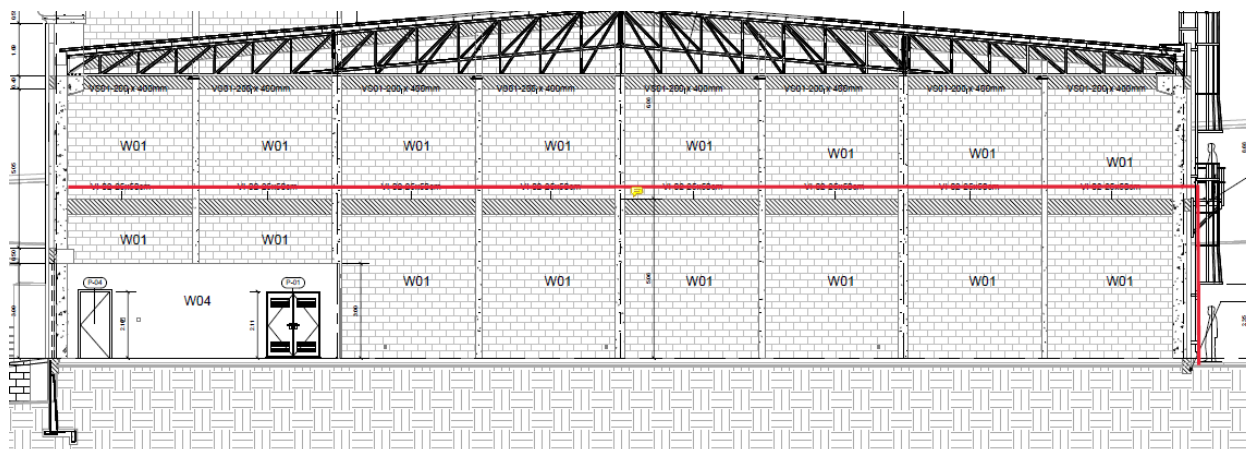
Fuente: Elaboración propia.

Paso 13. Ubicación de la tubería, según la altura

Para definir la altura de la tubería, se deben considerar aspectos propios de la edificación. En este caso se contempla no colisionar con elementos estructurales existentes.

A continuación, se presenta una propuesta de la altura sobre la ruta de la tubería principal que va a alimentar los elementos del sistema contra incendio. En la figura N° 12, se aprecia la altura de la tubería.

Figura N° 12. Altura de la tubería



Fuente: Elaboración propia.

La altura de la tubería en este caso es de 15.5 pies. Esto contemplando desde el nivel del suelo hasta la tubería para evitar colisiones con otras estructuras.

Paso 14. Generalidades del cálculo hidráulico

Una vez realizados los pasos anteriores. Al tener definida la distribución del sistema en su totalidad, se debe continuar con lo referente al cálculo hidráulico, sin embargo, para la realización del cálculo se deben contemplar algunas generalidades.

La NFPA establece consideraciones que se deben contemplar para el cálculo. Las siguientes tablas poseen información básica y necesaria para dicho proceso. La tabla N° 11 describe cuanto equivale un accesorio en metros o pies lineales de la tubería.

Es necesario considerar los accesorios, por ejemplo un codo o una tee en tubería lineal, es importante a la hora de realizar el cálculo visualizar la cantidad de accesorios que contempla el diseño. En la tabla N° 11 se puede observar lo establecido por la norma, con respecto a las longitudes equivalentes de tuberías de acero de cédula.

Tabla N° 11. Tabla de longitudes equivalentes de tuberías de acero de cédula 40.

Accesorios y válvulas	Accesorios y válvulas expresadas en pies (metros) equivalentes de tubería														
	½ pulg. (15 mm)	¾ pulg. (20 mm)	1 pulg. (25 mm)	1¼ pulg. (32 mm)	1½ pulg. (40 mm)	2 pulg. (50 mm)	2½ pulg. (65 mm)	3 pulg. (80 mm)	3½ pulg. (90 mm)	4 pulg. (100 mm)	5 pulg. (125 mm)	6 pulg. (150 mm)	8 pulg. (200 mm)	10 pulg. (250 mm)	12 pulg. (300 mm)
Codo 45°	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.3)	13 (4)
Codo estándar 90°	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	7 (2.1)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	14 (4.3)	18 (5.5)	22 (6.7)	27 (8.2)
Codo de giro largo 90°	0.5 (0.2)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	9 (2.7)	13 (4)	16 (4.9)	18 (5.5)
En T o cruz (flujo con giro 90°)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	15 (4.6)	17 (5.2)	20 (6.1)	25 (7.6)	30 (9.1)	35 (10.7)	50 (15.2)	60 (18.3)
Válvula mariposa	—	—	—	—	—	6 (1.8)	7 (2.1)	10 (3)	—	12 (3.7)	9 (2.7)	10 (3)	12 (3.7)	19 (5.8)	21 (6.4)
Válvula de compuerta	—	—	—	—	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)
Interruptor de flujo de tipo paleta	—	—	6 (1.8)	9 (2.7)	10 (3)	14 (4.3)	17 (5.2)	22 (6.7)	—	30 (9.1)	—	16 (4.9)	22 (6.7)	29 (8.8)	36 (11)
Válvula de retención a clapeta*	—	—	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.3)	14 (4.3)	16 (4.9)	19 (5.8)	22 (6.7)	27 (8.2)	32 (10)	45 (14)	55 (17)	65 (20)

Note: Se incluye información sobre tuberías de ½ pulg. en esta tabla solamente porque se permiten en las Secciones 29.4 y 29.5.

*Debido a la variación en el diseño de las válvulas de retención a clapeta, los equivalentes de tubería indicados en esta tabla son considerados promedio.

Fuente: NFPA 13, 2019. Tabla de longitudes equivalentes de tuberías de acero de cédula 40 (p. 322)

Tal como se demuestra en la tabla N°13, la norma solicita que se aplique un factor C de 120. Esto hace referencia a la rugosidad de la tubería; hay que considerarlo debido a que afecta al sistema por las pérdidas ocasionadas por la fricción.

También es importante considerar lo establecido por la norma en el caso de las dimensiones de las tuberías de acero. La siguiente tabla extrae las dimensiones de la tubería separan el diámetro nominal y el tipo de espesor, también conocido como la cédula.

Tabla N° 12. Dimensiones de tuberías de acero.

Tabla A.16.3.2 Dimensiones de tuberías de acero

Tamaño nominal de tubería	Cédula 5				Cédula 10 ^a				Cédula 30				Cédula 40						
	Diámetro externo		Diámetro interno		Espesor de pared		Diámetro interno		Espesor de pared		Diámetro interno		Espesor de pared		Diámetro interno		Espesor de pared		
	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	
½ ^b	15	0.840	21.3	—	—	—	—	0.674	17.1	0.083	2.1	—	—	—	—	0.622	15.8	0.109	2.77
¾ ^b	20	1.050	26.7	—	—	—	—	0.884	22.4	0.083	2.1	—	—	—	—	0.824	21.0	0.113	2.87
1	25	1.315	33.4	1.185	30.1	0.065	1.7	1.097	27.9	0.109	2.8	—	—	—	—	1.049	26.6	0.133	3.37
1¼	32	1.660	42.2	1.530	38.9	0.065	1.7	1.442	36.6	0.109	2.8	—	—	—	—	1.380	35.1	0.140	3.56
1½	40	1.900	48.3	1.770	45.0	0.065	1.7	1.682	42.7	0.109	2.8	—	—	—	—	1.610	40.9	0.145	3.68
2	50	2.375	60.3	2.245	57.0	0.065	1.7	2.157	54.8	0.109	2.8	—	—	—	—	2.067	52.5	0.154	3.91
2½	65	2.875	73.0	2.709	68.8	0.083	2.1	2.635	66.9	0.120	3.0	—	—	—	—	2.469	62.7	0.203	5.16
3	80	3.500	88.9	3.334	84.7	0.083	2.1	3.260	82.8	0.120	3.0	—	—	—	—	3.068	77.9	0.216	5.49
3½	90	4.000	101.6	3.834	97.4	0.083	2.1	3.760	95.5	0.120	3.0	—	—	—	—	3.548	90.1	0.226	5.74
4	100	4.500	114.3	4.334	110.1	0.083	2.1	4.260	108.2	0.120	3.0	—	—	—	—	4.026	102.3	0.237	6.02
5	125	5.563	141.3	—	—	—	—	5.295	134.5	0.134	3.4	—	—	—	—	5.047	128.2	0.258	6.55
6	150	6.625	168.3	6.407	162.7	0.109	2.8	6.357	161.5	0.134 ^c	3.4	—	—	—	—	6.065	154.1	0.280	7.11
8	200	8.625	219.1	—	—	—	—	8.249	209.5	0.188 ^c	4.8	8.071	205.0	0.277 ^d	7.0	7.981	—	0.322	—
10	250	10.750	273.1	—	—	—	—	10.370	263.4	0.188 ^c	4.8	10.140	257.6	0.307 ^d	7.8	10.020	—	0.365	—
12	300	12.750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12.090	—	0.330 ^e	—	11.938	—	0.406	—

^aCédula 10 definida para un tamaño nominal de tubería de 5 pulg. (127 mm) por ASTM A135, *Standard Specification for Electric-Resistance-Welded Steel Pipe*.

^bEstos valores son aplicables cuando se usan en conjunto con la Sección 29.4 y la Sección 29.5.

^cEspesor de pared especificado en 16.3.2.

^dEspesor de pared especificado en 16.3.3.

Fuente: NFPA 13. Dimensiones de tuberías de acero (p.414)

La NFPA 13 en el capítulo 27 ofrece una tabla ejemplo de cómo elaborar el cálculo hidráulico, para la realización del cálculo hidráulico de este manual se utiliza una tabla similar y se explica como formular dicha tabla. En la tabla N° 13, se puede evidenciar lo establecido por la norma con respecto al cálculo hidráulico.

Tabla N° 13. Tabla para cálculo hidráulico

INFORMACIÓN DE LA TUBERÍA

Nodo 1	Elev 1 (pie) (m)	Factor K	Flujo agregado — en este paso (q)	DI nominal	Accesorios — cantidad y longitud	L pie (m)	Factor C	total (Pt)	Notas
						F pie (m)	Pf por pies (m) (psi) (bar)	elev (Pe)	
Nodo 2			Flujo total (Q)	DI real		T pie (m)		fricc (Pf)	
datos 1	datos 1	datos 1	datos 1	datos	datos	datos	datos	datos 1	datos
datos 2	datos 2		datos	datos	datos	datos	datos	datos	
					datos	datos	datos	datos	
datos 1	datos 1	datos 1	datos 1	datos	datos	datos	datos	datos 1	datos
datos 2	datos 2		datos	datos	datos	datos	datos	datos	
					datos	datos	datos	datos	

Fuente: NFPA 13. Tabla para cálculo hidráulico (p.331)

Paso 15. Ecuaciones

Pérdida por fricción

Para realizar el cálculo se deben utilizar algunas ecuaciones. La fórmula que establece la norma para las pérdidas por fricción de la tubería según la NFPA 14, es la siguiente:

Ecuación N° 1. Fórmula de la pérdida de fricción.

8.3.3.1 Fórmula de la pérdida por fricción.

8.3.3.1.1 Las pérdidas por fricción de las tuberías deben ser determinadas basándose en la fórmula de Hazen-Williams, de la siguiente manera:

$$p = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}}$$

[8.3.3.1.1]

dónde:

p = resistencia friccional (psi/pie de tubería)

Q = flujo (gpm)

C = coeficiente de pérdida por fricción

d = diámetro interno real de la tubería (pulg.) [13:27.2.2.1.1]

Fuente: NFPA 14. Fórmula de la pérdida de fricción (p.30)

Es importante determinar la pérdida de fricción para analizar los nodos que solicita la norma al momento de realizar el cálculo.

Pérdida por elevaciones

La fórmula para pérdida por elevaciones se utiliza cuando hay una tubería de manera vertical. La NFPA 13 establece que “La presión de agua en libras por pulgada cuadrada para una altura en pies determinada iguala a la altura multiplicada por 0.433” (p.368). Por lo que se concluye que la ecuación es la siguiente:

Ecuación N° 2. Pérdida de presión por altura

$$Pe = 0.433 * (hf - hi)$$

$$hf = \textit{altura final}$$

$$hi = \textit{altura inicial}$$

Fuente: NFPA 13. Pérdida de presión por altura

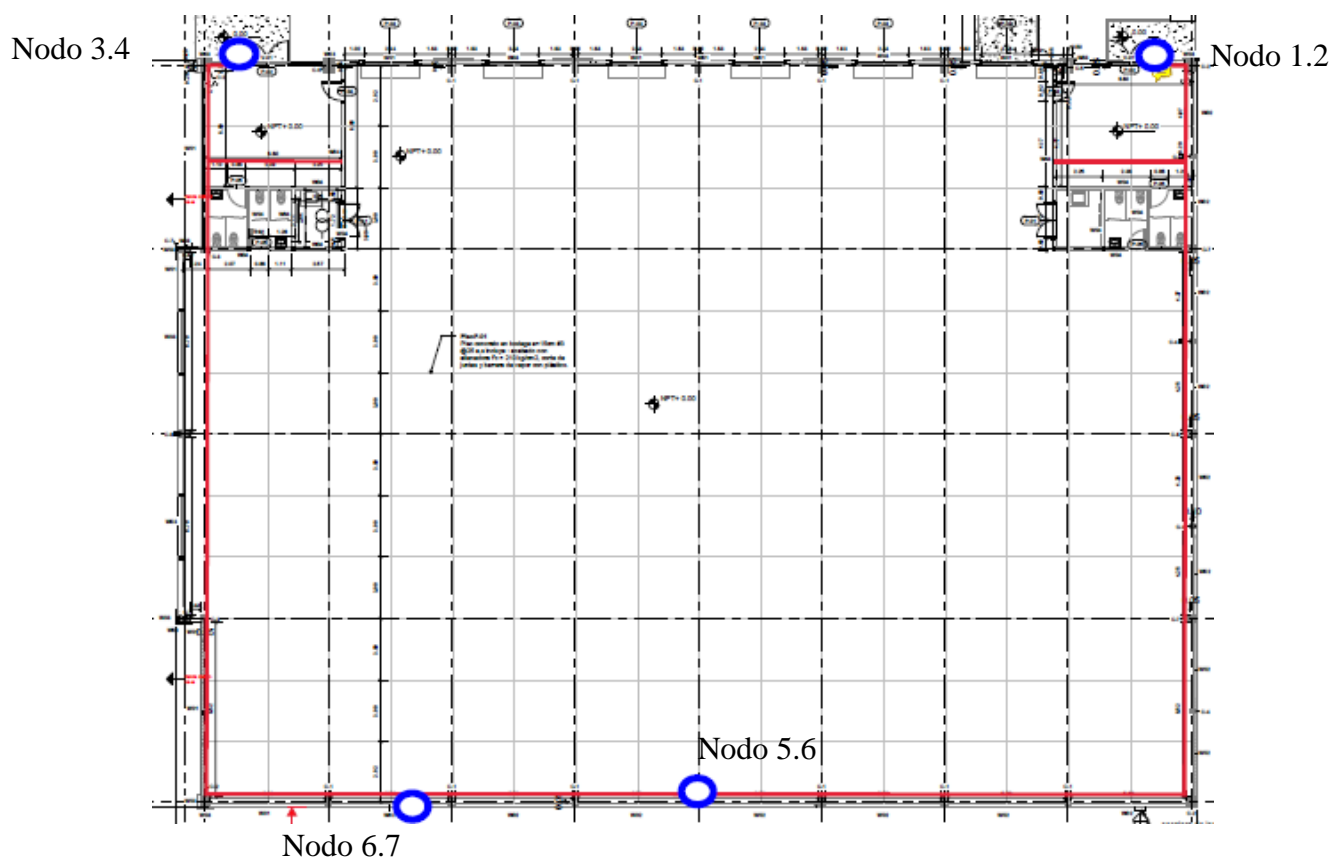
Esta fórmula debe utilizarse en cada diferencia de altura que se presente en el tubería para que se contrarreste el peso generado por el agua.

Paso 16. Ubicación de nodos para el análisis hidráulico

Los nodos permiten conocer los puntos críticos, los puntos críticos se conocen como la conexión de bomberos más remota y cada conexión, ya que en este caso la presión y el caudal de la toma son las más grandes del sistema. Los puntos críticos determinan la demanda requerida por el sistema; es necesario separarlos para la implementación de las ecuaciones establecidas en el paso 16 del presente manual.

A continuación, se observa que hay que separar el diseño por nodos, para elaborar el análisis por tramos y así analizar las respectivas condiciones generadas en cada nodo. Para el presente diseño se realizó este método y se confecciono una tabla similar a la de la norma, tal como se muestra en el paso 15 el presente manual. En la figura N° 13 se puede evidenciar la ubicación de nodos en el plano.

Figura N° 13. Ubicación de nodos



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior, los nodos se aprecian como círculos azules, estos se convierten en los puntos a insertar en la tabla.

Es necesario considerar que el nodo crítico es la conexión más lejana, es decir la toma de bomberos de la parte superior derecha.

Paso 17. Cálculo hidráulico

Una vez realizados los pasos anteriores, se puede proceder con la realización del cálculo hidráulico. El cálculo hidráulico en este caso se debe realizar para analizar y cumplir las especificaciones establecidas por la norma y así calcular el equipo de bombeo necesario para suplir las condiciones vistas en los pasos 3, 4 y 5 del presente manual.

Inicialmente, el cálculo se realiza de manera tradicional, utilizando las ecuaciones definidas en el paso 16 del presente manual. En la tabla N° 14 se plantea todo el diseño realizado para la bodega de almacenaje.

Tabla N° 14. Cálculo hidráulico del sistema

Nodo	Altura (ft)	Flujo(gpm)	Diámetro interno (in)	Accesorios y distancias equivalentes (ft)	Tubería		Factor C	Pérdida por fricción	Presiones			
					Equivalentes	Total			Total	Elevación	Fricción	Hacia el nodo siguiente
1	3	250	2,635	Silleta 4" x 2-1/2"	10	15,5	120	0,157	100,000	-6,712	10,434	103,723
				Codo estandar	10	51						
2	18,5	250	4,026	Válvula de ángulo	31	66,5						
3	3	250	2,635	silleta 4x2,5	10	15,4	120	0,157	100,000	-6,668	10,419	103,750
				codo	10	51						
4	18,4	250	4,026	Válvula de ángulo	31	66,4						
5	3	250	2,635	Silleta 4" x 2-1/2"	10	15,5	120	0,157	100,000	-6,712	10,434	103,723
				Codo estandar	10	51						
6	18,5	250	4,026	Válvula de ángulo	31	66,5						
2	18,5	250	4,026	codo	10	191,85	120	0,020	103,723	0,000	4,019	107,742
						10						
6	18,5	250	4,026			201,85						
6	18,5	500	4,026	TEE	20	38,4	120	0,072	107,742	0,000	4,192	111,934
						20						
7	18,5	500	4,026			58,4						
7	18,5	750	4,026	Codo estandar	10	4,11	120	0,152	111,934	0,000	2,144	114,078
						10						
8	18,5	750	4,026			14,11						
8	18,5	750	6,357	Codo estandar	14	18	120	0,016	114,078	8,011	1,265	123,354
				Accesorios Riser	45	59						
9	0	750	6,357			77						
9	0	750	6,357			16	120	0,016	123,354	0,000	0,263	123,617
						0						
10	0	750	6,357			16						

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se consideran unidades del sistema inglés ya que son las más comunes en la implementación de estos sistemas.

Explicación de la tabla del cálculo hidráulico

En primera instancia se inicia con el punto crítico, es decir en la toma de bomberos más lejana. Se observa que el tramo 1.2 es el tubo vertical que alimenta la conexión de bomberos más remota, es necesario considerar la altura de la conexión de manguera de 2-1/2" y su distancia hacia el tubo que provee el agua a dicha válvula, es decir el tubo de la figura N° 15, al igual que las otras dos conexiones. Para mayor entendimiento de la confección de la tabla, se explica el tramo anteriormente mencionado:

Según las especificaciones de la norma mencionadas con anterioridad en el paso 4 del presente manual, la conexión de la manguera puede ir a 3ft desde nivel de suelo, se requieren 250 GPM a 100 psi en dicha conexión y un diámetro nominal de 2-1/2".

Los materiales que se utilizan en el tramo a analizar son los siguientes: una silleta o tee mecánica, un codo de 90 grados estándar, la válvula de conexión de 2-1/2" y se extrae sus distancias equivalentes de la figura N° 12 y el anexo 1.

Cada conexión de manguera se analiza, ya que es lo que prioriza el caudal global del sistema, en este caso al haber tres conexiones, el caudal global debe ser de 750GPM. Las conexiones de bomberos se representan en el nodo (1.2),(3.4),(5.6).

Las longitudes se separan en dos análisis, la distancia propiamente de la tubería y los accesorios, para realizar la suma respectiva por tramo, por ejemplo, del tramo 1.2 se tiene que el total de tubería son 15.5 ft y 51ft de la distancia equivalente de accesorios para un total de 66.5 ft.

El resultado de la pérdida de fricción se obtiene de la Ecuación N° 1. Se continúan con las pérdidas por elevaciones, para esto la tubería debe ser considerar su altura desde el nivel de suelo, por lo que en este caso la tubería que alimenta dicha conexión de manguera se ubica a 18.5 ft y la conexión de manguera se ubica a 3ft del suelo terminado, esta diferencia se multiplica por 0.433 según la Ecuación N° 2. Se continua con la fricción, este se obtiene mediante la multiplicación de la distancia total (suma de longitud de tubería y distancia equivalente de accesorios) y la pérdida de fricción.

Por último, se realiza una suma de dichas pérdidas para obtener el dato de arranque hacia el punto del nodo siguiente hasta llegar a la bomba contra incendios que es el nodo 10 de la Tabla N° 16.

Para conocer los requisitos de la bomba contra incendios (BCI) se plantea igual que la suma para el siguiente punto, es decir se realiza una suma para saber la presión necesaria de este equipo, en este caso da un total de 123.617 psi, por requerimiento del tipo de edificación al ser un sistema lineal la BCI debe de ser de 750 GPM.

Para el tanque de reserva del sistema contra incendio se establece por norma que el tiempo que debe abastecer el sistema es de mínimo 30 minutos (NFPA 14 (p.30)), la ecuación necesaria para este cálculo es la siguiente:

Ecuación N° 3. Volumen del tanque

$$V = Q * T$$

Fuente: (Bohórquez, 2020)

Donde Q es el caudal requerido y T el tiempo establecido.

Ingresando los datos de este diseño, se obtiene que

$$V = 250GPM * 30min$$

$$V = 7500 GPM \approx 28.4m^3$$

Se resume que el equipo de bombeo debe ser de 750 GPM @123.617psi, el tanque de reserva debe ser de 7500 GPM $\approx 28.4m^3$.

Paso 18. Cálculo hidráulico mediante software

Se procede a realizar el cálculo hidráulico mediante un software especializado, ya que éste es el método más utilizado por los especialistas en el área actualmente. Además, la utilización de un software disminuye la probabilidad de error humano y para efectos de esta investigación permite comparar los datos obtenidos en ambos cálculos.

Al realizar el cálculo mediante un software, se logra observar la presión y el caudal requeridos por el sistema para la bodega de almacenaje. Tal como puede visualizarse en la figura N° 14, se obtiene como resultado final una presión necesaria de 128.254 psi y 750GPM, para cumplir las demandas del sistema.

Figura N° 14. Presión y caudal necesario según software

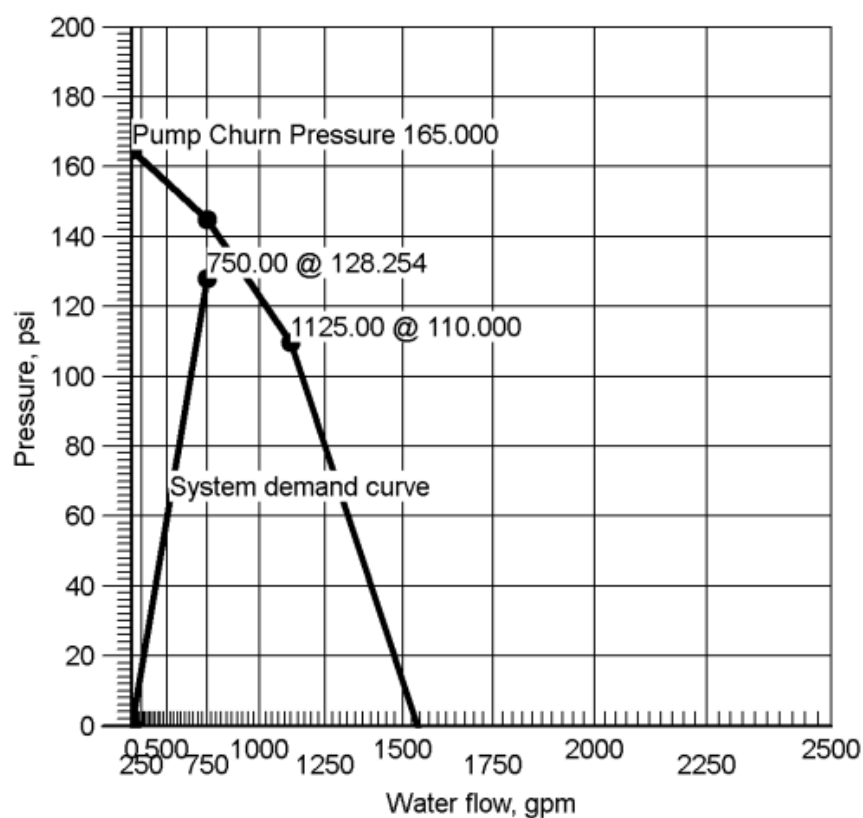
System	
Density	NA
Most Demanding Sprinkler Data	K-Factor at
Coverage Per Sprinkler	NA
System Pressure Demand	128.254
Total Demand	750.00 @ 128.254

Fuente: Elaboración propia.

Para la realización del cálculo por medio de un software especializado, se debe realizar el diseño del sistema, para ello los pasos número 09 y 14 descritos en el presente manual son especialmente importantes. Una vez que se diseña el sistema el software comienza a realizar los cálculos correspondientes y genera una tabla resumen, tal como la que se muestra en la figura N° 14.

La utilización del software también permite visualizar la curva de presión y el caudal. En la figura N° 15, se evidencia que el equipo de bombeo con las especificaciones de 128.254psi y 750gpm no sobrepasa la curva máxima de funcionamiento y aun así cumple con la demanda en cada accesorio del sistema contra incendio.

Figura N° 15. Curva presión-Caudal de la bomba de sistemas contra incendios



Fuente: Elaboración propia.

La curva de presión y caudal de la bomba contra incendios, permite definir la presión generada por la bomba con un caudal de operación en cero.

Paso 19. Comparación de los cálculos hidráulicos

En el paso 17 del presente manual, se puede observar el cálculo hidráulico realizado de manera tradicional, para el sistema contra incendios implementado en la bodega de almacenamiento.

En el paso 18, se observa el cálculo hidráulico realizado por un software especializado. Este método permite un mayor ahorro de tiempo ya que se utiliza un mismo programa para diseñar y calcular lo correspondiente al sistema contra incendios en el que se trabaja.

Una vez realizados los dos cálculos, se procede a realizar una comparación de los datos obtenidos. Se visualiza una diferencia de 4.637 psi, esto representa un 96.4% de similitud entre ambos cálculos. La diferencia obtenida se puede deber a configuraciones propias del software, las cuales no se contemplan en el cálculo manual.

Los datos obtenidos mediante la utilización de ambos cálculos hidráulicos deben ser comparados y aunque estos presentan una leve diferencia, se consideran resultados óptimos. Los resultados de ambos cálculos hidráulicos arrojan la misma respuesta; todos los accesorios utilizados cumplen con los parámetros establecidos por la norma, tal como se observa en los pasos 3, 4 y 5 del presente manual.

Paso 20. Soportería

Al realizar un diseño de sistema contra incendio es necesario, inicialmente, considerar la soportería que se puede implementar según sea el caso. A continuación, se presentan las especificaciones que determina la norma para escoger la soportería para los sistemas contra incendios.

Aspectos generales de la soportería

La NFPA 13 describe las consideraciones que se deben tomar en cuenta con respecto a los soportes de sistemas de tubería para garantizar el adecuado funcionamiento del sistema contra incendios, tal como lo establece la (NFPA 13, 2019), los soportes deben cumplir con:

1. Los soportes colgantes deben estar diseñados para sostener cinco veces el peso de la tubería llena de agua, más 250 lb (115 kg) en cada uno de los puntos de soporte de la tubería, este aspecto debe de igual cumplirse en la estructura del edificio.
2. Estos puntos de soporte deben ser adecuados para sostener el sistema.
3. El espaciamiento entre soportes colgantes no debe exceder el valor establecido para el tipo de tubería.
4. Los componentes de los soportes colgantes deben ser ferrosos. (p. 142)

Es importante tomar en cuenta estas consideraciones cuando se diseña y se construye el sistema, es necesario que los materiales que se utilicen cumplan con las especificaciones presentes en la norma. Además, la (NFPA 13, 2019) establece que no deben usarse soportes colgantes ni las tuberías para sostener componentes que sean ajenos al sistema. (p. 142)

Esta normativa debe cumplirse para garantizar una instalación que contemple todos los aspectos anteriores. La (NFPA 13, 2019) establece que los orificios para pernos o varillas no deben ser de más de 1/16 pulg. (1.6 mm) que el diámetro del perno o varilla y deben estar provistos de arandelas planas y tuercas. (p. 144) Además, determina que no se pueden usar anclajes de post-instalación en cielorrasos de yeso u otro material blando similar, tampoco en concreto de cenizas excepto para líneas que se alternen con pernos pasantes o adosados a vigas.

Además, la (NFPA 13, 2019) (p. 143), considera que:

Los orificios para anclajes post-instalados en el lateral de vigas deben estar por encima de la línea central de la viga o por encima de las varillas de acero de refuerzo de la parte inferior.

Los orificios para anclajes post-instalados que se usen en posición vertical deben ser perforados para proveer un contacto uniforme con la protección situada sobre toda su circunferencia.

La profundidad del orificio del anclaje post-instalado no debe ser menor que la especificada para el tipo de protección usada.

Al realizar la instalaciones de los soportes se pueden presentar varios inconvenientes según el ambiente en que se esté trabajando; según sea el caso, el ingeniero debe realizar los análisis de los espacios correspondientes para de esta manera garantizar lo establecido por la norma.

Los anclajes post-instalados instalados verticalmente, se permiten, según la (NFPA 13, 2019), siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

Cuando se usan en concreto con un agregado de grava o piedra molida para sostener tuberías de 4 pulg. (100 mm) o menos de diámetro

Cuando los anclajes post-instalados se alternan con soportes colgantes directamente conectados a miembros estructurales, tales como cerchas y vigas maestras, o a los lados de vigas de concreto para sostener tuberías de 125 mm o más.

Cuando los anclajes post-instalados están espaciados a no más de 3 m de distancia para sostener tuberías de 100 mm o más. (p. 143)

Los soportes deben instalarse de manera que aseguren la tubería en caso de cualquier siniestro y ante alguna eventualidad, mantenga el nivel de la tubería correspondiente. Por este motivo, es esencial identificar lo establecido por la norma, para garantizar la eficiencia del soporte.

Aspectos de instalación de la soportería

La norma establece criterios a considerar en la instalación de la soportería, estos criterios son de suma importancia para asegurar la integridad del sistema durante su funcionamiento, a continuación se presentan los requerimientos establecidos por la norma.

Distancia máxima entre soportes

La Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, la NFPA 13, establece las distancias máximas que deben haber entre soportes, para de esta manera mantener el funcionamiento óptimo de los sistemas contra incendios, además de asegurar la integridad de los mismos en caso de alguna eventualidad que pueda comprometer al sistema. En la tabla N° 15 se puede observar las distancias que según la norma, deben respetarse en la instalación de los soportes.

Tabla N° 15. Distancia máxima entre soportes colgantes (m).

Tabla 17.4.2.1(b) Distancia máxima entre soportes colgantes (m)

	Tamaño nominal de tubería (mm)											
	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150	200
Tubería de acero, excepto de pared delgada roscada	NA	3.7	3.7	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
Tubería de acero de pared delgada roscada	NA	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	NA	NA	NA	NA	NA
Tubo de cobre	2.4	2.4	3.0	3.0	3.7	3.7	3.7	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
CPVC	1.7	1.8	2.0	2.1	2.4	2.7	3.0	NA	NA	NA	NA	NA
Tubería de hierro dúctil	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4.6	NA	4.6	NA	4.6	4.6

NA: No aplicable.

Edición 2019

Fuente: NFPA 13. Distancia máxima entre soportes colgantes (m). (p. 149)

La distancia entre soportes es muy importante para asegurar la tubería, en este caso, la distancia máxima que debe haber entre ellos se debe contemplar en la instalación del sistema. Asegurar la correcta distribución de los soportes permitirá un correcto funcionamiento del sistema, además de facilitar las labores de mantenimiento del mismo. A continuación, se presenta la figura N°1, de un soporte colgante.

Figura N° 16. Soporte colgante



Fuente: TOLCO. Pipe Hangers Supports Seismic Bracing. (p. 02)

Diámetro de las varillas a utilizar según tamaño de tubería.

La NFPA 13, establece que según el tamaño de las tuberías se debe utilizar un determinado diámetro de varillas, esto debido a que va relacionado al peso de la tubería, en la tabla N° 16, se demuestra lo establecido por la norma:

Tabla N° 16. Tamaños de varillas de soportes colgantes

Tabla 17.2.1.1 Tamaños de varillas de soportes colgantes

Tamaño de tubería		Diámetro de varilla	
pulg.	mm	pulg.	mm
Hasta 4, inclusive	100	$\frac{3}{8}$	10
5	125	$\frac{1}{2}$	13
6	150		
8	200		
10	250	$\frac{5}{8}$	16
12	300	$\frac{3}{4}$	20

Fuente: NFPA 13. Tamaño de varillas de soportes colgantes. (p. 142)

La información suministrada en la tabla N°16, también se cumple en los casos, donde se instala el soporte en concreto o acero.

Soportería Antisísmica.

Al instalar un sistema contra incendios es necesario pensar en la integridad del sistema en diversos escenarios, es por este motivo que la norma establece requerimientos importantes para asegurar el sistema en caso de sismos, estos soportes le brindarán seguridad tanto al sistema como a la estructura en donde se encuentre el sistema. A continuación, se presentan las generalidades a considerar, según lo establecido por la norma.

Consideraciones de la Soportería Longitudinal.

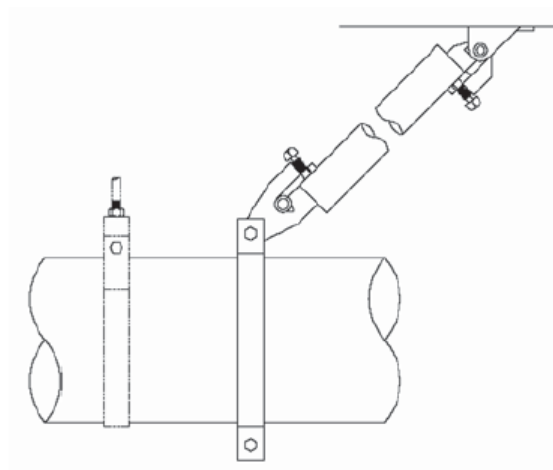
En el diseño e instalación de sistemas contra incendios es necesario contemplar la soportería longitudinal antisísmica, a continuación, se detallan los aspectos a considerar por la norma.

En el caso de la soportería anti oscilante o antisísmica, la (NFPA 13, 2019) también establece los requerimientos que se deben considerar para la instalación, en este caso la soportería debe instalarse a no más de 24 m en tuberías principales y transversales, así como también debe permitirse que las riostras longitudinales actúen como riostras laterales si están dentro de 600 mm

de la línea central de las tuberías riostradas lateralmente. Hay que considerar también que la distancia entre la última riostra y el extremo final de la tubería o un cambio en la dirección no debe exceder de 12 m, además, cada tramo de la tubería que posea cambios de dirección debe ser provisto ambos arriostramientos, sin embargo, se puede omitir las riostras para la tubería de menos de 3.7m entre tuberías adyacentes debidamente arriostradas. (p.156 -157)

La soportería antisísmica longitudinal evita el movimiento de la tubería en caso de sismo. Es de vital importancia contemplarlo dentro del diseño e instalación de los sistemas contra incendios para minimizar daños en la estructura del sistema en caso de sismo. En la figura N°17, se muestra un soporte longitudinal.

Figura N°17. Soporte longitudinal



Fuente: TOLCO. Pipe Hangers Supports Seismic Bracing. (p. 13)

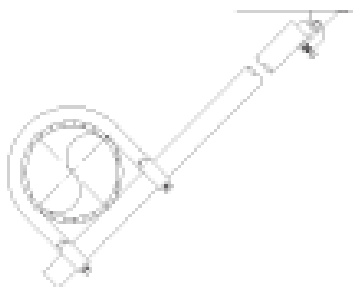
Consideraciones de la Soportería Transversal.

Al igual que la soportería antisísmica longitudinal, la transversal es esencial en el diseño e instalación de cualquier sistema contra incendios. A continuación, se muestran los requerimientos que solicita la norma.

En el caso de la soportería transversal, la (NFPA 13, 2019) establece que la Lateral, debe instalarse en todas las tuberías mayor o igual a 65mm y que no excedan los 3.7 m, además, que el espaciamiento no debe exceder los 12 m entre centros, aun así, haya cambios de dirección la distancia acumulada no debe exceder la distancia dicha y que la distancia entra la última arriestra y el extremo final del tubo no exceda los 1.8m. La riostra lateral puede actuar como riostra longitudinal si está dentro de 6 m de la tubería que posee la riostra longitudinal y la riostra lateral está en una tubería de un tamaño igual o mayor. (p. 158).

La soportería antisísmica transversal, en conjunto con la soportería antisísmica longitudinal proveen al sistema de seguridad ante movimientos provocados por sismos, permitiendo de esta manera el movimiento de la tubería hasta determinado punto. Ambas soporterías contrarrestan el movimiento de la tubería y evitan un posible daño tanto al sistema como a la edificación. En la figura N°18, se muestra un soporte transversal.

Figura N°18. Soporte transversal



Fuente: TOLCO. Pipe Hangers Supports Seismic Bracing. (p. 55)

Soportería antisísmica para montantes

Los montantes son tubos en posición vertical que proveen de agua al sistema, a continuación, se presentan las consideraciones establecidas por la norma para estas estructuras.

Para efectos de los montantes, la (NFPA 13, 2019) establece que la parte superior de montantes de más de 90 cm deben instalarse una riostra 4 vías, la distancia entre cuatro vías no debe exceder los 7.6m, que cuando una riostra de cuatro vías en la parte superior de un montante está adosada sobre las tuberías horizontales, debe estar dentro de 60cm de la línea central del

montante. Además, especifica que no se requiere la riostra cuatro vías cuando un montante de 2.1 m termina por encima del conjunto de montaje de techo o rellano superior, tampoco se requiere cuando los montantes penetran pisos intermedios donde el espacio libre de la tubería no excede lo establecido anteriormente. (p. 158).

Los montantes son especialmente importantes en los sistemas contra incendios ya que permiten la primera entrada de agua al sistema. Como el montante forma parte de la estructura que recibe inicialmente el agua, los tubos pueden ser de un diámetro más grande que de los demás, para que soporte eficientemente la fuerza generada por la bomba contra incendios y el movimiento provocado ante un sismo.

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Se describen los parámetros básicos al momento de utilizar soportes, acoples, entre otros, entendiendo la importancia y las implicaciones que conlleva la correcta utilización de los mismos en los sistemas contra incendios. Se determinan los parámetros y requerimientos solicitados por la norma para estos accesorios. Los parámetros básicos deben respetarse para garantizar un adecuado funcionamiento del sistema en caso de algún siniestro, además de facilitar y promover las labores de mantenimiento del mismo.
- La investigación realizada establece los parámetros básicos establecidos por la normativa internacional que regula los diseños de sistemas de protección contra incendios, en las tablas N°9, 11 y 12 se pueden observar las longitudes y dimensiones establecidas por la norma, en cuanto a los tamaños de los drenajes de los montantes, las longitudes de las tuberías de acero cédula 40 y las dimensiones de la tubería de acero, correspondientemente. Conocer esta normativa es indispensable para diseñar e instalar adecuadamente un sistema de protección contra incendio, ya que se evidencian las características y componentes que conforman el sistema, mismos que se deben utilizar para asegurar la confiabilidad del sistema.
- En el diseño del manual creado durante la investigación realizada se construye una guía en donde se le permite a las personas con conocimientos técnicos en el área de los sistemas contra incendios visualizar las consideraciones que se deben de tomar en cuenta, según la normativa internacional en el diseño e instalación de un sistema contra incendios de gabinetes clase II y clase III con conexión a la toma de bomberos. El manual tiene como función orientar a las personas, destacando los pasos a seguir al trabajar con un sistema de protección contra incendio. Los pasos que conforman el manual están redactados de tal manera en que se toma en cuenta los aspectos cualitativos y cuantitativos necesarios en los sistemas. Al encontrar la información sintetizada de las diferentes normativas internacionales se le facilita al lector el entendimiento de los parámetros a considerar.

- Se definen los diferentes componentes necesarios según los sistemas clase II y clase III. En el paso 3, 4 y 5 del del manual, se establecen las diferencias entre estos sistemas, además, en la tabla N°10 se evidencian las principales diferencias físicas que poseen estos sistemas. Las principales diferencias corresponden a aspectos de caudal, válvulas y la utilización del sistema, los sistemas clase II y clase III son utilizados por el cuerpo de brigada de emergencias o el cuerpo de bomberos, mientras que el sistema clase I solamente es utilizado por el cuerpo de bomberos. Las diferencias entre cada sistema deben ser tomadas en cuenta para realizar una instalación acorde a las necesidades de la edificación, según corresponda.
- En el manual se contemplan los pasos a seguir para poder realizar el cálculo hidráulico. En el paso 17 del manual, tabla N°14, se evidencia el cálculo hidráulico de manera tradicional, para una bodega de 1779.5 metros cuadrados, en donde se puede visualizar el paso a paso de dicho cálculo. En el paso 18 del manual se evidencia el cálculo hidráulico realizado por medio de un software especializado. Los cálculos hidráulicos permiten analizar y cumplir las especificaciones establecidas por la norma y así calcular el equipo de bombeo necesario para suplir las condiciones requeridas en cada tipo de sistema, según corresponda en cada caso. El paso a paso del cálculo hidráulico a mano le permite al lector con conocimientos técnicos en el área tener un mayor entendimiento del proceso para poder posteriormente aplicarlo al diseño de un sistema de protección contra incendio y de esta manera comprender las implicaciones del mismo.
- Tal como se muestra en el paso 19 del manual, se realiza la debida comparación del cálculo hidráulico realizado manualmente, con respecto al cálculo suministrado por el software especializado en estos sistemas. Al existir una diferencia entre ambos cálculos hidráulicos de 4.637 psi, lo que representa un 96.4% de similitud, se concluye que ambos cálculos cumplen con los requerimientos del sistema. La comparación entre los cálculos resulta importante para comparar resultados y tener seguridad con los datos obtenidos, al obtener un 96.4% de similitud entre los cálculos esto garantiza que el sistema funcione adecuadamente al presentarse un siniestro.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar información de los accesorios de una marca en específico, para obtener distancias equivalentes más puntuales. Al utilizar accesorios de una determinada marca los resultados de las distancias pueden variar y así modificar los parámetros del manual.
- Es recomendable ampliar la delimitación del proyecto e incluir en el sistema contra incendios rociadores automáticos. Incluir rociadores conlleva más pasos, además de otras consideraciones establecidas por las normas internacionales.
- Se recomienda realizar el cálculo hidráulico desde dos softwares diferentes para reconocer posibles variaciones de cálculo entre software, además de comparar las facilidades que provee al usuario.
- Es recomendable utilizar otro tipo de tubería que no sea cedula 10, para variar el diámetro interno de la tubería y así modificar los cálculos correspondientes.
- Se recomienda ampliar la delimitación del proyecto y agregar la ubicación de extintores en el diseño del sistema contra incendios, según la NFPA correspondiente.
- Es recomendable realizar el cálculo manual y por software de la soportería antisísmica y marcar su ubicación en el plano.
- Es recomendable observar los catálogos de los proveedores, para de esta manera tener información sobre los accesorios que se utilizan en los sistemas contra incendios, ya que los catálogos contienen información relevante y sintetizada sobre las especificaciones para el cálculo hidráulico.

Referencias Bibliográficas

- Albornos & Chereau. (2016). *Guía de Autoinstrucción N°1. El Fuego y los Incendios*. Obtenido de https://www.anb.cl/documentos_sitio/81229_4_Guia_Fuego.pdf
- Alcarraz. (2014). *Diseño de sistema de protección contra incendios con agua para el Centro Comercial Open Plaza Primavera*. Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/12743>
- Benemérito cuerpo de bomberos de Costa Rica. (2013). Obtenido de https://www.bomberos.go.cr/wp-content/uploads/2013/06/Manual_de_Disposiciones_Tecnicas_2013.pdf
- Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica. (2013). Obtenido de https://www.bomberos.go.cr/wp-content/uploads/2013/06/Manual_de_Disposiciones_Tecnicas_2013.pdf
- Benemérito cuerpo de bomberos de Costa Rica. (2020). Obtenido de <https://www.bomberos.go.cr/wp-content/uploads/2020/11/Reglamento-Nacional-de-Proteccion-Contra-Incendios-VF.pdf>
- Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica. (2020). *Reglamento nacional de protección contra incendios*. Obtenido de <https://www.bomberos.go.cr/wp-content/uploads/2020/11/Reglamento-Nacional-de-Proteccion-Contra-Incendios-VF.pdf>
- Bermeo. (2017). *Análisis del volumen óptimo de un tanque de almacenamiento para un sistema contra incendio*. Obtenido de <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/2001/1/Tesis%20Completa%20SCI%20Andr%C3%A9s%20Bermeomgc.pdf>
- Bohórquez, R. (01 de Octubre de 2020). *CÁLCULO DE LA RESERVA DE AGUA DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIO*. Obtenido de https://prosermar.ec/es_ES/calculo-de-la-reserva-de-agua-de-un-sistema-contra-incendio/
- Daros. (2002). *¿Qué es un marco teórico?* Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/259/25914108.pdf>
- De Jesús & Dos Santos . (2018). *Propuesta de sistematización de las normas de sistemas de extinción de incendios para edificaciones en Venezuela*. Obtenido de <http://catalogo-gy.ucab.edu.ve/documentos/tesis/34872.pdf>
- Fonseca, K., & Soto, D. (Octubre de 2020). Obtenido de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/16536/45586.pdf?sequence=1>

- Grinnell. (Enero de 2014). *Grinnell*. Obtenido de https://grinnell.com/downloads/G210_01_2014.pdf
- Hernández, Fernández, y Baptista . (2014). *Metodología de la Investigación*. México : Mc Graw Hill Education.
- La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional. (2015). *Fire Service Features of Buildings and Fire Protection Systems*. Obtenido de <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA3256.pdf>
- NFPA 10. (2018). *Norma para Extintores Portátiles contra Incendios*. Estados Unidos: National Fire Protection Association. Obtenido de <file:///C:/Users/Mariam/Downloads/NFPA%2010-18%20ES.pdf>
- NFPA 101. (2018). *Código de Seguridad Humana*. Estados Unidos: National Fire Protection Association .
- NFPA 13. (2019). *Norma para la instalación de Sistemas Rociadores*. Estados Unidos: National Fire Protection Association.
- NFPA 14. (2019). *Norma para la Instalación de Sistemas de Montantes y Mangueras*. Obtenido de <file:///C:/Users/Mariam/Downloads/NFPA%2014%20ED%202019%20STANDARD%20-%20ESPAN%CC%83OL%20-%20OCR.pdf>
- NFPA 20. (2016). *Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias para Protección contra Incendios*. Estados Unidos: National Fire Protection Association.
- NFPA 22. (2018). *Norma para Tanques de Agua para la Protección contra Incendios Privada*. Estados Unidos: National Fire Protection Association.
- Olvera. (2013). Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/5962/1/tesis.pdf>
- Palacios. (2021). *U Católica Colombia*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/26621/1/GU%C3%8DA%20PARA%20EL%20DISE%C3%91O%20HIDR%C3%81ULICO%20DE%20REDES%20DE%20POTECCIA%C3%93N%20CONTRA%20INCENDIOS.pdf>
- Solano, D. (Noviembre de 2017). Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9650/dise%C3%B1o_sistema_supresion_incendios_para_planta_distribucion_cedi_empresa_cargill.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- TOLCO. (2010). *Pipe Hangers Supports Seismic Bracing*. Obtenido de http://ggitc.com/abc/Home%20Page_Renewal/Plumbing/Pipe%20&%20Fitting/Tolco/Tolco%20Pipe%20Hangers.pdf

Varela, V. (21 de septiembre de 2020). Obtenido de https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/241/1/TFG_Ulatina_Victor_Varela_Zu%C3%B1iga.pdf

Vargas, F. (Noviembre de 2018). Obtenido de <https://hdl.handle.net/2238/10465>

Anexos

Anexo 1. Distancias equivalentes

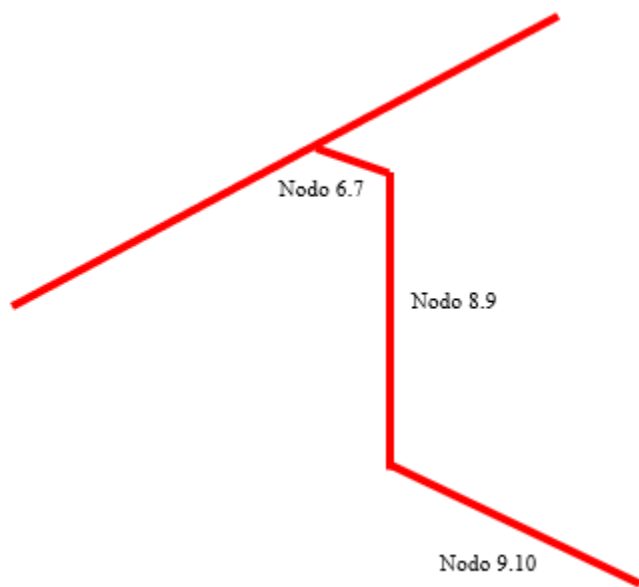
Nominal Size Run x Branch ANSI Inches (DN)	Equivalent Length of Sch. 40 Steel Pipe, Feet (Meters)		Nominal Size Run x Branch ANSI Inches (DN)	Equivalent Length of Sch. 40 Steel Pipe, Feet (Meters)	
	Threaded	Grooved		Threaded	Grooved
2 x 1 (DN50 x DN25)	2 (0,60)	N/A	139,7mm x 2 (DN125 x DN50)	5 (1,52)	
2 x 1-1/4 (DN50 x DN32)	4 (1,22)		139,7mm x 2-1/2 (DN125 x DN65)	10 (3,05)	
2 x 1-1/2 (DN50 x DN40)	13 (3,96)		139,7mm x 76,1mm* (DN125 x DN65)	11 (3,35)	
2-1/2 x 1 (DN65 x DN25)	2 (0,60)	N/A	139,7mm x 3 (DN125 x DN80)	13 (3,96)	
2-1/2 x 1-1/4 (DN65 x DN32)	4 (1,22)		6 x 1-1/4 (DN150 x DN32)	4 (1,22)	
2-1/2 x 1-1/2 (DN65 x DN40)	3 (0,91)		6 x 1-1/2 (DN150 x DN40)	3 (0,91)	
2-1/2 x 2 (DN65 x DN50)	26 (7,92)		6 x 2 (DN150 x DN50)	5 (1,52)	
76,1mm x 1 (DN65 x DN25)	2 (0,60)	N/A	6 x 2-1/2 (DN150 x DN65)	10 (3,05)	
76,1mm x 1-1/4 (DN65 x DN32)	4 (1,22)		6 x 76,1mm* (DN150 x DN65)	11 (3,35)	
76,1mm x 1-1/2 (DN65 x DN40)	3 (0,91)		6 x 3 (DN150 x DN80)	9 (2,74)	
76,1mm x 2 (DN65 x DN50)	26 (7,92)		6 x 4 (DN150 x DN100)	14 (4,27)	
3 x 1 (DN80 x DN25)	2 (0,60)		165,1mm x 1-1/4 (DN150 x DN32)	4 (1,22)	
3 x 1-1/4 (DN80 x DN32)	4 (1,22)		165,1mm x 1-1/2 (DN150 x DN40)	3 (0,91)	
3 x 1-1/2 (DN80 x DN40)	3 (0,91)		165,1mm x 2 (DN150 x DN50)	5 (1,52)	
3 x 2 (DN80 x DN50)	5 (1,52)		165,1mm x 2-1/2 (DN150 x DN65)	10 (3,05)	
4 x 1 (DN100 x DN25)	2 (0,60)	N/A	165,1mm x 76,1mm* (DN150 x DN65)	11 (3,35)	
4 x 1-1/4 (DN100 x DN32)	4 (1,22)		165,1mm x 3 (DN150 x DN80)	9 (2,74)	
4 x 1-1/2 (DN100 x DN40)	3 (0,91)		165,1mm x 4 (DN150 x DN100)	14 (4,27)	
4 x 2 (DN100 x DN50)	5 (1,52)		8 x 2 (DN200 x DN50)	5 (1,52)	
4 x 2-1/2 (DN100 x DN65)	10 (3,05)		8 x 2-1/2 (DN200 x DN65)	10 (3,05)	
4 x 76,1mm* (DN100 x DN65)	11 (3,35)		8 x 76,1mm* (DN200 x DN65)	11 (3,35)	
4 x 3 (DN100 x DN80)	13 (3,96)		8 x 3 (DN200 x DN80)	N/A	9 (2,74)
5 x 1-1/2 (DN125 x DN40)	3 (0,91)		8 x 4 (DN200 x DN100)	N/A	14 (4,27)
5 x 2 (DN125 x DN50)	5 (1,52)		216,3mm x 2 (200 JIS x DN50)	5 (1,52)	
5 x 2-1/2 (DN125 x DN65)	10 (3,05)		216,3mm x 2-1/2 (200 JIS x DN65)	10 (3,05)	
5 x 76,1mm* (DN125 x DN65)	11 (3,35)		216,3mm x 76,1mm* (200 JIS x DN65)	11 (3,35)	
5 x 3 (DN125 x DN80)	13 (3,96)		216,3mm x 3 (200 JIS x DN80)	N/A	9 (2,74)
139,7mm x 1-1/2 (DN125 x DN40)	3 (0,91)		216,3mm x 4 (200 JIS x DN100)	N/A	14 (4,27)

* Note: Equivalent Length of EN10255:2004 Heavy Pipe
Hazen Williams coefficient = 120

TABLE A
FIGURE 730 MECHANICAL OUTLETS
LOSS AS EQUIVALENT PIPE LENGTH

Fuente: Mechanical Tees and Crosses (Grinnell, 2014)(p. 08)

Anexo 2. Nodos hacia la bomba contra incendios.



Fuente: Elaboración propia.