



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA LA  
EDIFICACIÓN DE UNA INSTITUCIÓN FINANCIERA EN LA CIUDAD  
DE CUENCA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Mecánico

AUTOR: OSCAR ESTEBAN ZHUNIO MEDINA

TUTOR: MARLON XAVIER QUINDE ABRIL

Cuenca – Ecuador

2024

# **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Oscar Esteban Zhunio Medina con documento de identificación N° 0302743265 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 14 de febrero 2024

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Esteban Z', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat illegible due to the cursive nature of the writing.

---

Oscar Esteban Zhunio Medina  
0302743265

# CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Oscar Esteban Zhunio Medina con documento de identificación N° 0302743265, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico “Diseño de un sistema contra incendios para la edificación de una institución financiera en la ciudad de Cuenca”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 14 de febrero 2024

Atentamente,



---

Oscar Esteban Zhunio Medina  
0302743265

# **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Marlon Xavier Quinde Abril con documento de identificación N° 0104627658, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA LA EDIFICACIÓN DE UNA INSTITUCIÓN FINANCIERA EN LA CIUDAD DE CUENCA, realizado por Oscar Esteban Zhunio Medina con documento de identificación N° 0302743265, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 14 de febrero 2024

Atentamente,



---

**Ing. Marlon Xavier Quinde Abril, M.Sc**  
**0104627658**

# Dedicatoria

*Oscar Esteban*

El presente proyecto de titulación está dedicado:

A Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza para llevar a cabo cada una de las metas que me he propuesto.

A mis padres Francisco y Lucía, quienes con su cariño, paciencia, esfuerzo y apoyo incondicional me han permitido llegar a cumplir otro de los objetivos trazados. Gracias por siempre ser mi pilar e inculcar en mí constancia, valentía y esfuerzo.

Finalmente, dedico a las personas que formaron parte del proceso y me brindaron su apoyo de una u otra forma.

# Agradecimientos

## *Oscar Esteban*

Agradezco principalmente a Dios por permitirme llegar a cumplir esta meta tan anhelada y por brindarme salud, fuerza e impartirme sabiduría a lo largo del proceso.

Agradezco profundamente a mis padres que, gracias al cariño recibido, apoyo, sacrificio, paciencia y comprensión ha sido posible lograr cada una de las metas que me he propuesto, gracias a mi madre por estar siempre dispuesta a acompañarme y a mi padre de igual manera por guiarme y apoyarme en cada situación, y en cada larga jornada de estudio, en las que su compañía, consejos y abrazos eran para mí como un impulso para continuar hacia adelante y cumplir con los propósitos planteados.

Me gustaría además agradecer a mi Tutor de Proyecto de Titulación Ing. Marlon Quinde, a quien admiro; por su esfuerzo y dedicación brindados al actual trabajo de titulación. Sus orientaciones, conocimientos y su paciencia han sido esenciales para culminar con el presente.

También me gustaría agradecer a mi profesor Ing. John Ignacio Calle Sigüencia, quien me guió con sus conocimientos y experiencia en este proyecto, como también al Ing. Luis López, quien ha estado presto para solventar cualquier duda presentada y brindar sugerencias.

Este documento fue realizado enteramente en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

# Índice

<b>Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación</b>	<b>I</b>
<b>Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación</b>	<b>II</b>
<b>Certificado de dirección del trabajo de titulación</b>	<b>III</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>IV</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>V</b>
<b>Resumen</b>	<b>XIV</b>
<b>Abstract</b>	<b>XV</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Problema</b>	<b>1</b>
2.1. Antecedentes . . . . .	1
2.2. Descripción del problema . . . . .	2
2.3. Importancia y alcances . . . . .	2
2.4. Delimitación . . . . .	3
2.4.1. Espacial o geográfica . . . . .	3
2.4.2. Temporal . . . . .	3
2.4.3. Sectorial o institucional . . . . .	3
2.5. Problema General . . . . .	3
2.6. Problemas Específicos . . . . .	3
<b>3. Objetivos</b>	<b>4</b>
3.1. Objetivo General . . . . .	4
3.2. Objetivos Específicos . . . . .	4
<b>4. Hipótesis</b>	<b>4</b>
4.1. Hipótesis General . . . . .	4



<b>5. Marco Teórico</b>	<b>5</b>
5.1. Requerimientos de sistemas contra incendios. . . . .	5
5.1.1. Fuego y sus características. . . . .	5
5.1.2. Tipos de edificaciones. . . . .	7
5.1.3. Consideraciones generales. . . . .	10
5.1.4. Análisis de normativa . . . . .	11
5.2. Elementos que conforman un sistema contra incendios para edificaciones . .	13
5.2.1. Tipos de gabinetes . . . . .	13
5.2.2. Tipos de rociadores . . . . .	15
5.2.3. Tipos de bombas contra incendios . . . . .	20
5.2.4. Otros tipos de elementos . . . . .	21
5.2.5. Descripción del proceso de funcionamiento del sistema . . . . .	23
5.3. Análisis de precios unitarios. . . . .	24
5.3.1. ¿Cómo se elabora un Análisis de Precio Unitario? . . . . .	26
<b>6. Marco metodológico</b>	<b>27</b>
6.1. Metodología de la Investigación . . . . .	27
6.2. Metodología del proceso . . . . .	27
6.2.1. Establecimiento de las condiciones iniciales para el diseño de un sistema contra incendios. . . . .	27
6.2.1.1. Condiciones de la edificación . . . . .	27
6.2.1.2. Análisis del subsuelo . . . . .	28
6.2.1.3. Análisis de la planta baja . . . . .	29
6.2.1.4. Análisis de la primera planta . . . . .	31
6.2.1.5. Análisis de la segunda planta . . . . .	33
6.2.1.6. Análisis de la tercera planta . . . . .	35
6.2.1.7. Riesgos que se consideraran para el diseño del sistema contra incendios . . . . .	36
6.2.1.8. Variables cualitativas que debe cumplir un sistema contra incendios . . . . .	36
6.2.2. Diseño de un sistema contra incendios basado en las normas de la National Fire Protection Association (NFPA). . . . .	37
6.2.2.1. Descripción del área a proteger . . . . .	37
6.2.2.2. Clasificación de la ocupación. . . . .	38
6.2.2.3. Subsuelo. . . . .	38

6.2.2.4.	Parqueadero . . . . .	39
6.2.2.5.	Método de extinción a utilizar . . . . .	39
6.2.2.6.	Conexión de mangueras. . . . .	39
6.2.2.7.	Componentes de la conexión de mangueras clase II. . . . .	39
6.2.2.8.	Consideraciones de montaje para conexiones de manguera. .	40
6.2.2.9.	Selección del tipo de rociador automático destinado para la edificación. . . . .	40
6.2.2.10.	Rociadores para áreas administrativas. . . . .	40
6.2.2.11.	Características de los rociadores administrativos. . . . .	41
6.2.2.12.	Áreas de protección y espaciamiento de rociadores para áreas administrativas. . . . .	42
6.2.2.13.	Rociadores para áreas de parqueadero. . . . .	42
6.2.3.	Sistema de extinción de incendios manual. . . . .	43
6.2.3.1.	Ubicación de conexiones de manguera . . . . .	44
6.2.3.2.	Sistemas de extinción de incendios automática . . . . .	48
6.2.3.3.	Cálculos para el subsuelo. . . . .	49
6.2.3.4.	Cálculos para la planta baja . . . . .	50
6.2.3.5.	Cálculos para la primera planta. . . . .	52
6.2.3.6.	Cálculos para la segunda planta planta . . . . .	53
6.2.4.	Simulaciones en el software Pipe Flow . . . . .	57
6.2.4.1.	Simulación para el subsuelo . . . . .	57
6.2.4.2.	Simulación para la planta baja . . . . .	58
6.2.4.3.	Simulación para la primera planta . . . . .	59
6.2.4.4.	Simulación para la segunda planta. . . . .	60
6.2.5.	Simulaciones en el software Pipe Flow de los rociadores en el área de diseño. . . . .	62
6.2.5.1.	Simulación en el subsuelo según NFPA. . . . .	62
6.2.5.2.	Simulación en la planta baja según la NFPA. . . . .	63
6.2.5.3.	Simulación en la primera planta según NFPA. . . . .	64
6.2.5.4.	Simulación en la segunda planta según NFPA. . . . .	65
6.2.6.	Perdidas del sistema . . . . .	67
6.2.7.	Selección de materiales . . . . .	68
6.2.8.	Análisis técnico financiero utilizando la metodología de precios unitarios	69
6.2.8.1.	Precios unitarios del sistema de bombeo . . . . .	70
6.2.8.2.	Precios unitarios del sistema de tuberías de 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ". . . . .	71

6.2.8.3.	Precios unitarios del sistema de tuberías de 3". . . . .	72
6.2.8.4.	Precios unitarios del sistema de tuberías de 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ". . . . .	73
6.2.8.5.	Precios unitarios del sistema de extinción de fuego. . . . .	74
6.2.8.6.	Precios totales del proyecto. . . . .	75
<b>7.</b>	<b>Resultados</b>	<b>75</b>
7.1.	Condiciones iniciales para el diseño de un sistema contra incendios . . . . .	75
7.2.	Diseño de un sistema contra incendios . . . . .	75
7.3.	Resultados del análisis de precios unitarios . . . . .	76
<b>8.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>76</b>
<b>9.</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>77</b>
	<b>Referencias</b>	<b>80</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>81</b>

## Lista de Tablas

1.	Clasificación de fuego . . . . .	7
2.	Plantas de la edificación financiera . . . . .	37
3.	Clasificación del riesgo por cada planta . . . . .	38
4.	Datos de la simulación Subsuelo . . . . .	58
5.	Datos de la simulación de la planta baja . . . . .	58
6.	Datos de la simulación de la primera planta. . . . .	59
7.	Datos de la simulación de la segunda planta . . . . .	60
8.	Caudal total del sistema . . . . .	61
9.	Datos de la simulación del subsuelo según la NFPA . . . . .	63
10.	Datos de la simulación de la planta baja según la NFPA . . . . .	64
11.	Datos de la simulación de la primera planta según la NFPA. . . . .	65
12.	Datos de la simulación de la segunda planta según la NFPA . . . . .	66
13.	Caudal total del sistema . . . . .	67
14.	Caudal total del sistema . . . . .	67
15.	Perdida total del sistema . . . . .	68

## Lista de Figuras

1.	Edificaciones residenciales . . . . .	8
2.	Edificaciones comerciales . . . . .	8
3.	Edificaciones industriales . . . . .	9
4.	Edificaciones institucionales . . . . .	9
5.	Edificaciones deportivas . . . . .	10
6.	Gabinete clase I . . . . .	13
7.	Gabinete clase II . . . . .	14
8.	Gabinete clase III . . . . .	14
9.	Sistema de rociadores automáticos . . . . .	20
10.	Bomba horizontal . . . . .	20
11.	Bomba vertical . . . . .	21
12.	Sistema de detección y supresión de gases . . . . .	21
13.	Detectores de humo . . . . .	22
14.	Sistema de alarma contra incendios . . . . .	22
15.	Extintores contra incendios . . . . .	23
16.	Dimensiones de un proyecto . . . . .	24
17.	Capítulos y subcapítulos . . . . .	25
18.	Análisis de precios unitarios . . . . .	26
19.	Subsuelo . . . . .	29
20.	Planta baja . . . . .	30
21.	Primera planta . . . . .	32
22.	Segunda planta . . . . .	34
23.	Cuarta planta . . . . .	35
24.	Planos arquitectónicos de la edificación. . . . .	37
25.	Rociador factor K-5.6 . . . . .	41
26.	Áreas de protección y espaciamiento de rociadores para áreas administrativas . . . . .	42
27.	Densidad de los rociadores. . . . .	43
28.	Distribución de gabinetes contra incendios . . . . .	44
29.	Simulación del gabinete más remoto hidráulicamente. . . . .	45
30.	Simulación con todos los gabinetes funcionando a la vez . . . . .	46
31.	Velocidad del agua . . . . .	47
32.	Detalle del gabinete tipo II . . . . .	48
33.	Área de diseño para el subsuelo . . . . .	50

34.	Área de diseño para la planta baja . . . . .	51
35.	Área de diseño para la primera planta . . . . .	53
36.	Área de diseño para la segunda planta . . . . .	54
37.	Ubicación de los rociadores . . . . .	55
38.	Ubicación de los rociadores . . . . .	56
39.	Simulación de rociadores en el subsuelo . . . . .	57
40.	Simulación de rociadores en la planta baja . . . . .	58
41.	Simulación de rociadores en la primera planta . . . . .	59
42.	Simulación de rociadores en la segunda planta . . . . .	60
43.	Bomba principal, jockey y volumen de la cisterna . . . . .	61
44.	Simulación rociadores, subsuelo con la NFPA . . . . .	62
45.	Simulación rociadores, planta baja con la NFPA . . . . .	63
46.	Simulación rociadores, primera planta con la NFPA . . . . .	64
47.	Simulación rociadores, segunda planta con la NFPA . . . . .	65
48.	Bomba principal, jockey y volumen de la cisterna calculado con base a la NFPA	66
49.	Materiales de tuberías . . . . .	68
50.	Precios unitarios del sistema de bombeo . . . . .	70
51.	Precios unitarios del sistema de tuberías de 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " . . . . .	71
52.	Precios unitarios del sistema de tuberías de 3" . . . . .	72
53.	Precios unitarios del sistema de tuberías de 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " . . . . .	73
54.	Precios unitarios del sistema de extinción de fuego . . . . .	74
55.	Precios totales del proyecto. . . . .	75

## Resumen

**E**l proyecto consiste en el diseño de un sistema contra incendios integral para una edificación financiera en Cuenca. Se llevará a cabo un análisis detallado de las condiciones iniciales y se consideraron los requisitos de ocupación de los recintos, asegurando el cumplimiento de la normativa nacional e internacional. Se extrajo software de ingeniería para diseñar un sistema eficiente y funcional, con el objetivo de garantizar la seguridad de los ocupantes y proteger los bienes en caso de incendio. El análisis técnico financiero permitió evaluar la viabilidad económica del proyecto y tomar decisiones informadas para la implementación. El resultado final fue un diseño sólido y completo, que cumple con los estándares de seguridad requeridos y brinda mayor tranquilidad y protección a los ocupantes de la edificación. El sistema contra incendios diseñado contribuye significativamente a la prevención y mitigación de incendios, salvaguardando la integridad de la edificación y de la comunidad en general.

**Palabras clave:** Caudal, gabinete, presión, incendio, riesgo.

## **Abstract**

**T**he project consists of the design of a comprehensive fire protection system for a financial building in Cuenca. A detailed analysis of the initial conditions will be carried out and the occupancy requirements of the premises were considered, ensuring compliance with national and international regulations. Engineering software was extracted to design an efficient and functional system, with the aim of ensuring the safety of the occupants and protecting assets in the event of a fire. The financial technical analysis allowed to evaluate the economic feasibility of the project and make informed decisions for the implementation. The final result was a solid and complete design, which meets the required safety standards and provides greater peace of mind and protection to the occupants of the building. The designed fire system contributes significantly to the prevention and mitigation of fires, safeguarding the integrity of the building and the community in general.

**Keywords:** Flow, cabinet, pressure, fire, risk.



# 1. Introducción

Segun [1] indica que “diariamente se presentan situaciones de riesgo a causa de llamas no controladas o igniciones que se producen debido a un aumento no controlado de calor, y que han aumentado considerablemente la mortalidad, las pérdidas industriales y la desaparición de viviendas”.

El diseño de un sistema contra incendios es de vital importancia para garantizar la seguridad y protección de las personas y los activos en una edificación. En el caso específico de una institución financiera, donde la ocupación de personas y equipos es alta, es fundamental contar con un sistema adecuado que prevenga la propagación de incendios y minimice los daños [2, 3, 4, 5].

El diseño de un sistema contra incendios [6, 7] se basa en la normativa nacional e internacional, utilizando software de ingeniería para garantizar su funcionalidad, se establecen procesos de construcción que aseguran la correcta implementación del sistema, con el fin de mitigar los riesgos asociados a los incendios, evitando pérdidas humanas y materiales, considerando diferentes aspectos, como los requerimientos de ocupación de los recintos, la normativa vigente y los métodos de extinción de fuego adecuados para cada zona de la edificación.

## 2. Problema

### 2.1. Antecedentes

La edificación financiera próxima a construirse está destinada para el movimiento de personas durante toda la jornada de trabajo, esta edificación se considera, atención al cliente, cajeros automáticos, cajas de atención, oficinas, centro de cómputo, generador de emergencia, salas de reuniones, zonas de descanso, parqueadero, área de bóvedas de seguridad, cuartos de conteo de dinero; bajo esta consideración la edificación requiere el diseño un sistema contra incendios cumpliendo con las normas nacionales e internacionales que garanticen su efectividad frente a cualquier situación relacionada con el tema de incendios en edificaciones, además, se considerara un método de extinción de fuego en función de las diferentes zonas de la edificación, fundamentalmente en casi todas las zonas se utilizan métodos tradicionales con agua pero para zonas específicas como el cuarto de Racks y el generador de energía de emergencia se definirán sistemas apropiados de acuerdo a la normativa vigente.

## **2.2. Descripción del problema**

En los últimos años, ha surgido la necesidad imperante para empresas, entidades públicas y cualquier entidad que albergue un número significativo de personas en intervalos de tiempo, de priorizar la seguridad de la vida humana y la protección de sus bienes y equipos. En este contexto, se destaca la edificación financiera ubicada en la ciudad de Cuenca, Ecuador, la., necesidad de un sistema contra incendios efectivo, lo que representa un riesgo significativo para la seguridad de las personas que residen o trabajan en ella. La ausencia de medidas preventivas y de respuesta ante incendios aumenta la probabilidad de pérdidas humanas, daños materiales irreparables y la propagación del fuego a edificaciones vecinas, poniendo en peligro a la comunidad en general. Es fundamental abordar este problema mediante la implementación de un diseño adecuado de un sistema contra incendios que cumpla con las normativas vigentes y garantice la protección de vidas, bienes y el entorno.

## **2.3. Importancia y alcances**

### **Importancia**

Protección de personas y bienes: El diseño de un sistema contra incendios es fundamental para proteger la vida de las personas que se encuentran en el edificio y reducir el daño a los bienes en caso de un incendio. Cumplimiento de normas y reglamentos: Las edificaciones financieras están sujetas a normas y normas de seguridad contra incendios establecidas por autoridades locales y nacionales. El diseño de un sistema contra incendios adecuado garantiza que la edificación cumpla con estos requisitos legales. Reducción de costos: Un buen diseño de sistema contra incendios puede ayudar a reducir los costos de seguro y de reparación en caso de un incendio.

### **Alcance**

Diseño de la red contra incendios: El sistema debe contar con dispositivos extinción de incendios manuales y/o automáticos para proteger a las personas de un posible conato de incendio en el edificio. Los gabinetes contra incendios, por ejemplo, son fundamentales para la extinción del fuego en las diferentes áreas del edificio. Por otro lado los sistemas de rociadores automáticos de incendios también son muy útiles a la hora de extinción del fuego en lugares que no se puede llegar fácilmente con la manguera de los gabinetes contra incendios.

## **2.4. Delimitación**

El proyecto se limita al diseño de una red contra incendios para las instalaciones de una edificación financiera ubicada en la ciudad de Cuenca; En el proyecto se incluye el diseño de planos, la matriz de cálculos, y por último el listado de materiales y equipos necesarios para su factibilidad. La construcción e implementación del sistema quedará a discreción de la empresa financiera; además se proporcionan recomendaciones para la operación y mantenimiento del sistema. Por último, se presenta un presupuesto general que abarca los costos de materiales, de construcción y de ingeniería importantes para su implementación.

### **2.4.1. Espacial o geográfica**

El proyecto de titulación será realizado dentro del marco de la provincia del Azuay, concretamente en la ciudad de Cuenca.

### **2.4.2. Temporal**

El presente trabajo de titulación tendrá un tiempo de relación de 5 meses.

### **2.4.3. Sectorial o institucional**

Se realizara el diseño del sistema contra incendios para una edificación financiera.

## **2.5. Problema General**

- ¿Es factible diseñar un sistema contra incendios para una edificación financiera en la ciudad de Cuenca, basados en las normas de la National Fire Protection Association (NFPA) que cumpla con los requerimientos de utilización, la carga de personas y equipos dentro de los diferentes recintos?

## **2.6. Problemas Específicos**

- ¿Será posible establecer las condiciones iniciales para el diseño de un sistema contra incendios en una edificación financiera en la ciudad de cuenca, considerando los requerimientos de ocupación de los recintos y las normas de la National Fire Protection Association (NFPA)?

- ¿Será factible diseñar un sistema contra incendios basado en las normas de la National Fire Protection Association (NFPA) utilizando software de ingeniería que garantice la funcionalidad y el proceso de construcción para la posterior implementación?
- ¿Utilizando la metodología de precios unitarios se puede determinar los costos para la implementación del sistema contra incendios en la edificación financiera considerando todos los rubros que intervienen en el sistema?

## **3. Objetivos**

### **3.1. Objetivo General**

- Diseñar un sistema contra incendios para una edificación financiera en la ciudad de Cuenca, basados en las normas de la National Fire Protection Association (NFPA) la carga de personas y equipos dentro de los diferentes recintos y que cumpla con los requerimientos de utilización.

### **3.2. Objetivos Específicos**

- Establecer las condiciones iniciales para el diseño de un sistema contra incendios en una edificación financiera en la ciudad de Cuenca, considerando los requerimientos de ocupación de los recintos y normas de la National Fire Protection Association (NFPA).
- Diseñar un sistema contra incendios basado en las normas de la National Fire Protection Association (NFPA) utilizando software de ingeniería para garantizar la funcionalidad y estableciendo procesos de construcción que garanticen la posterior implementación.
- Realizar el análisis técnico de precios unitarios para la implementación del sistema contra incendios en la edificación financiera, considerando todos los rubros que intervienen en el sistema.

## **4. Hipótesis**

### **4.1. Hipótesis General**

- El diseño fundamentado en la normativa, requerimientos de ocupación y modelado a través de software de ingeniería garantiza la funcionalidad y posterior implementación del sistema contra incendios.

## **5. Marco Teórico**

En el desarrollo de este proyecto, en primer lugar, trataremos el tema de los sistemas contra incendios y la normativa vigente que se encuentra a nivel nacional e internacional, posteriormente hablaremos de los dispositivos que se utilizan en los diferentes sistemas contra incendios y finalmente realizaremos un análisis de los indicadores financieros que establecen un cálculo de costos para determinar los valores necesarios para la implementación del sistema.

### **5.1. Requerimientos de sistemas contra incendios.**

En la actualidad, la protección contra incendios se ha convertido en una prioridad para la seguridad y el bienestar de las personas, así como para la protección de los activos materiales, patrimonios en cualquier tipo de entorno. Los incendios representan una amenaza constante y su impacto puede ser devastador. Por lo tanto, contar con un diseño de sistema contra incendios efectivo y bien estructurado es esencial para prevenir la propagación de incendios, minimizar los daños y garantizar la seguridad de las personas. Los incendios representan una grave amenaza para la seguridad y la vida de las personas. Los sistemas contra incendios, como las alarmas de incendio, los rociadores automáticos y los extintores, ayudan a detectar y controlar los incendios de manera temprana, lo que permite una evacuación segura y minimiza el riesgo de lesiones o muertes. La base legal y normativa es fundamental para el diseño de un sistema contra incendios adecuado. En muchos países, existen normas y regulaciones específicas que afianzan los requisitos mínimos de seguridad, los estándares de instalación y los procedimientos de mantenimiento que deben seguirse. Por ejemplo, en Estados Unidos, el National Fire Protection Association (NFPA) es una de las organizaciones líderes en la elaboración de normas y códigos relacionados con la protección contra incendios [8].

#### **5.1.1. Fuego y sus características.**

##### **Fuego**

El fuego proviene de una reacción química de combustión, la cual desprende energía en forma de luz y calor mediante una llama; además, al ser una reacción exotérmica, se generan temperaturas elevadas. Si esta reacción conserva los elementos establecidos por el triángulo de fuego y se mantiene la temperatura mínima de combustión, la llama se expande hasta tal punto en donde se genere una ausencia de alguno de los compuestos de la reacción, consumiendo todo a su paso.

### **Triángulo de fuego.**

El proceso de fuego se origina a partir de una reacción química de combustión, liberando energía en forma de luz y calor a través de una llama. Esta reacción, al ser exotérmica, genera altas temperaturas. Para que esta reacción tenga lugar, se requieren tres elementos fundamentales según el triángulo de fuego: combustible, chispa y oxígeno. La presencia adecuada de estos elementos permite la propagación de la llama, que consume los materiales a su paso hasta que alguno de los componentes de la reacción se agota.






El triángulo de fuego identifica los elementos esenciales para la formación del fuego: combustible, chispa y oxígeno. Si alguno de estos elementos falta, la reacción química se detiene. Se puede controlar la reacción eliminando el calor, excluyendo el oxígeno o eliminando el combustible. Además, se ha reconocido la importancia de la reacción en cadena en la propagación del fuego, convirtiendo al triángulo en un tetraedro. Este factor adicional juega un papel crucial en la formación y expansión del incendio. Los incendios se clasifican según el material combustible involucrado en la reacción. Es fundamental conocer la clase de fuego para determinar la mejor estrategia de extinción. La clasificación incluye diferentes tipos de fuegos, cada uno con su descripción y los agentes de extinción adecuados.

### **Tipos de fuego.**

La categorización del fuego se basa en el tipo de material combustible involucrado en la reacción. Es esencial comprender esta clasificación, ya que determina la mejor estrategia para controlar el incendio. Las distintas clases de fuego están detalladas en la figura 1, donde se proporciona su descripción, clasificación y el agente extintor más adecuado [9].

**Tabla 1**

*Clasificación de fuego [9].*

Clase	Descripción
	Son los llamados combustibles sólidos: maderas, tejidos, fibras, paja, papel u otros similares que se queman sin cambiar de estado.
	Sólidos o líquidos en combustión que emiten vapores inflamables tales como los combustibles derivados del petróleo, solventes, asfaltos, etc. Se incluyen también los gases naturales o artificiales.
	Son los llamados fuegos eléctricos: Independientemente de su origen, es el pasaje de corriente eléctrica lo que mantiene el fuego. Al cesar el pasaje de electricidad el fuego se extinguirá o, en caso de persistir, se clasificará el fuego subsiguiente como A o B dependiendo de las sustancias en combustión.
	Fuegos en metales: magnesio, uranio, titanio, aluminio y otros, o sus aleaciones, los de sustancias generalmente sintéticas autoinflamables o de otros productos de gran inestabilidad.
	La recientemente aprobada Norma UNIT 1221:2015, finalmente incorpora la denominación K que implica los fuegos en grasas y aceites de cocción en artefactos de cocina.

### 5.1.2. Tipos de edificaciones.

Existen varios tipos de edificaciones según su uso y función. A continuación, te presentamos algunos de los principales según [10]:

- **Edificaciones residenciales:** Diseñadas para albergar a familias, individuos o grupos, estas estructuras pueden variar desde casas individuales hasta edificios de apartamentos o condominios, entre otras formas de vivienda..

## Figura 1

*Edificaciones residenciales [11].*



- **Edificaciones comerciales** : Diseñadas para actividades comerciales y económicas, estas estructuras incluyen oficinas, establecimientos comerciales, centros comerciales, hoteles, restaurantes, y otros similares.

## Figura 2

*Edificaciones comerciales [12].*



- **Edificaciones industriales**: Diseñadas para la producción o fabricación de bienes, estas instalaciones incluyen fábricas, almacenes, naves industriales, y otros establecimientos similares.



### Figura 3

*Edificaciones industriales [13].*



- **Edificaciones institucionales:** irigidas al servicio y beneficio público, estas estructuras abarcan instalaciones como escuelas, hospitales, bibliotecas, museos y otros lugares de interés comunitario.

### Figura 4

*Edificaciones institucionales [14].*



- **Edificaciones deportivas:** Dirigidas al desarrollo de actividades deportivas y físicas, estas estructuras comprenden instalaciones como estadios, pabellones deportivos, gimnasios y otros similares. Es importante señalar que existen diversos tipos de edificaciones según su propósito y función, las cuales pueden presentar particularidades en términos de diseño, materiales y métodos constructivos.

## Figura 5

*Edificaciones deportivas [15].*



En este proyecto se realizará el diseño en una edificación comercial, ya que la misma está destinada a ser una entidad financiera, por lo que se trabajará bajo la normativa nacional e internacional para el óptimo diseño y posterior implementación.

### **5.1.3. Consideraciones generales.**

Antes de iniciar los cálculos, es crucial identificar el área a proteger y todos los requisitos específicos que la edificación pueda necesitar. En este caso, se deben considerar dos áreas que requieren sistemas contra incendios especiales. Es fundamental establecer estos parámetros antes de proceder con cualquier análisis o diseño.

#### **Etapas de un sistema contra incendios**

Cada una de las fases del sistema contra incendios opera de manera coordinada y simultánea, todas con el objetivo común de proteger la vida y los bienes dentro de una propiedad, así como garantizar la continuidad de las operaciones laborales..[16].

- **Detección:** La primera fase es localizar el origen del incendio lo más rápido posible para alertar y evacuar el área de manera segura. La detección temprana del incendio es crucial, ya que influye en la forma en que se manejará la situación. Una detección rápida reduce significativamente los riesgos de pérdida. Para esta etapa, se requieren elementos como pulsadores, alarmas y detectores de incendios.

- **Prevención:** La fase de prevención se centra en el control del fuego y en evitar su expansión dentro del edificio. En esta etapa, se destacan principalmente los sistemas de protección pasiva.
- **Supresión:** Durante la etapa de supresión, el objetivo es apagar el incendio en sus primeros minutos para proteger vidas, el edificio y los bienes materiales. Los dispositivos más comunes para esta tarea son los rociadores automáticos, agentes limpios o espuma, así como los extintores portátiles. [16].

#### 5.1.4. Análisis de normativa

La normativa NFPA (National Fire Protection Association) es una organización que establece estándares y códigos de seguridad contra incendios reconocidos a nivel internacional. Sus normativas cubren una amplia gama de temas relacionados con la prevención, protección y respuesta ante incendios en diferentes entornos y sectores.

El diseño del sistema se basa en algunas de las normativas clave de la NFPA como son:

- **NFPA 1:** Código de Incendios: Establece requisitos para la prevención de incendios, la protección de la vida y la propiedad, y las medidas de respuesta ante emergencias [17].
- **NFPA 13:** Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores: Proporciona requisitos para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de rociadores automáticos [18].
- **NFPA 72:** Código Nacional de Alarmas de Incendio y Señalización de Emergencia: Establece requisitos para los sistemas de alarma de incendio y señalización de emergencia, incluyendo la detección y notificación de incendios y otras emergencias [19].
- **NFPA 101:** Código de Seguridad Humana: Tiene como propósito proporcionar los requisitos mínimos de protección contra incendio, con la debida consideración hacia la función, para el diseño, operación y mantenimiento de edificios y estructuras para asegurar la vida de sus ocupantes [20].
- **NFPA 10:** Extintores Portátiles: Hace referencia a la operatividad de los extintores portátiles e indica que deben mantenerse totalmente cargados,

en condiciones operables y en sus lugares asignados en todo momento, aun cuando no se están usando [21].

- **NFPA 14:** Instalación de sistemas de tuberías verticales y mangueras: Establece que su propósito es: “proporcionar un grado razonable de protección contra incendios para la vida y la propiedad a través de requisitos de instalación para sistemas de tuberías verticales y mangueras basados en principios sólidos de ingeniería, datos de prueba y experiencia de campo [22].
- **NFPA 15:** Norma para sistemas fijos de rociado de agua para protección contra incendios ayuda a controlar el fuego al brindar orientación sobre el diseño del sistema de rociado de agua y las pruebas y el mantenimiento adecuados del sistema [23].
- **NFPA 20:** Instalación de bombas estacionarias: Establece los requerimientos mínimos sobre las fuentes de energía, detalles constructivos de las bombas contra incendios y los demás componentes del cuarto de bombas, cómo estos interactúan y cómo deben instalarse, entre otros temas de operación y mantenimiento. [24].
- **NFPA 24:** Norma para la instalación de tuberías para servicio privado de incendios y sus accesorios: Abarca la ubicación e identificación de las conexiones del cuerpo de bomberos, la protección de tuberías del servicio de incendios y válvulas que controlan los suministros de agua [25].
- **NFPA 88A:** Estructuras de Estacionamientos: Aborda los medios de egreso, construcción, requisitos de apertura, sistemas de rociadores contra incendios y tuberías verticales de estructuras de estacionamiento [26].
- **DB-SI:** Documento Básico de Seguridad en caso de incendio del Código Técnico de Edificación.
- **NTE INEN 3083:** Sistemas Contra Incendio. Tubos Plásticos de Poli (Cloruro de Vinilo) No Plastificado (PVC-U), Poli (Cloruro de Vinilo) Orientado (PVC-O) o Polietileno de Alta Densidad Tipo: PE 100 y PE 80, y accesorios, para uso en líneas de conducción y redes de distribución de agua a presión, enterradas en servicios privados [27].

## 5.2. Elementos que conforman un sistema contra incendios para edificaciones

Un sistema contra incendios generalmente consta de varios elementos que trabajan en conjunto para detectar, prevenir y controlar incendios. Los elementos típicos incluyen:

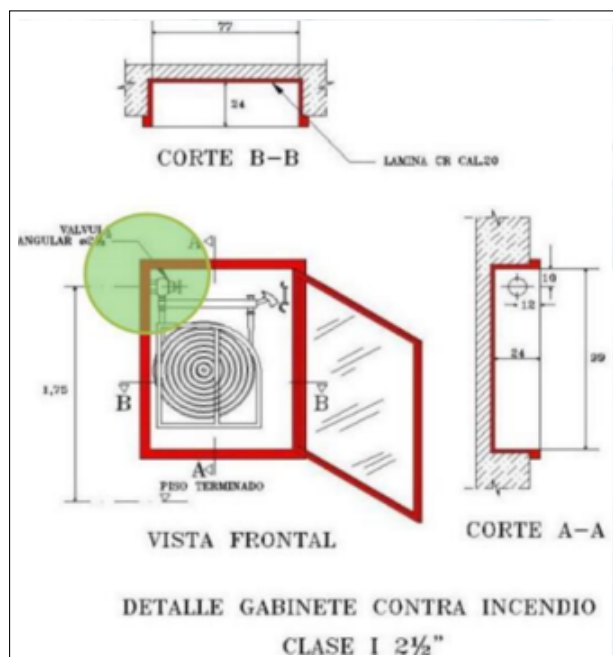
### 5.2.1. Tipos de gabinetes

Las normas han establecido 3 tipos de gabinete contra incendio, de acuerdo a la cantidad y tamaño de las tomas de agua.

Clase I (una válvula de  $\text{Ø}2\frac{1}{2}$ " ),. El equipo estándar del gabinete es el siguiente: Una manguera de 15 o 30 metros con acoples y boquilla de chorro y niebla, un extintor del tipo multipropósito de 10 libras, el cajón metálico de 77 cm x 77 cms x 22 cm, puerta con vidrio de seguridad y chapa, una canastilla porta mangueras, un hacha pico y una llave spanner para ajuste de manguera. [22]

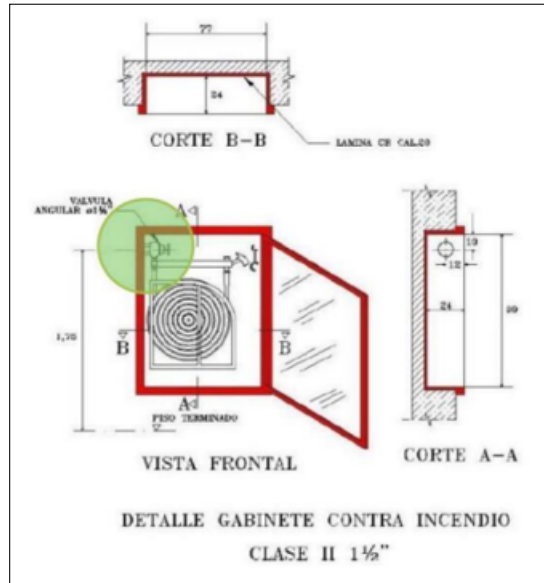
**Figura 6**

*Gabinete clase I [22].*



**Figura 7**

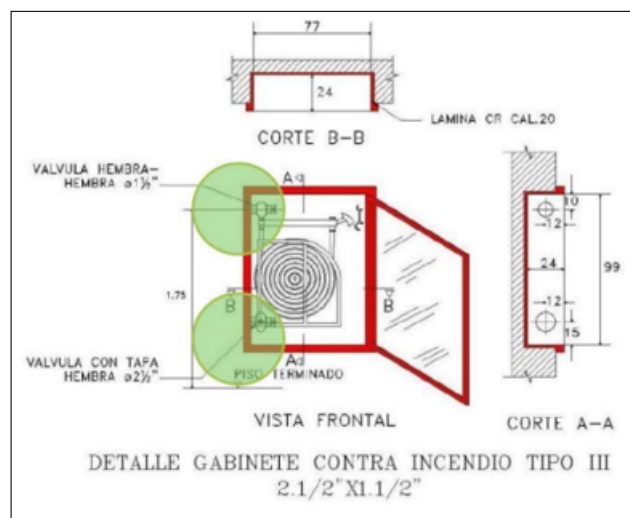
*Gabinete clase II [22].*



Clase III (una válvula de  $\text{Ø}1\frac{1}{2}$ " y otra de  $\text{Ø}2\frac{1}{2}$ " )

**Figura 8**

*Gabinete clase III [22].*



### 5.2.2. Tipos de rociadores

Cuando un rociador se activa, un tapón se suelta, permitiendo que el agua fluya a través de un orificio con un flujo y presión específicos. Este agua luego impacta contra un deflector diseñado para generar un patrón de descarga predefinido. La mayoría de los patrones de descarga de los rociadores caen en una de las siguientes categorías. [28].

#### **Rociadores pulverizadores estándar.**

El rociador convencional se coloca considerando las restricciones específicas del área que debe cubrir y se ofrece en variantes de montaje colgante, vertical y lateral a la pared. Dado que se ha comprobado que el rociador estándar de pulverización es eficaz para diversos riesgos y situaciones mediante la adaptación de la cantidad de agua liberada, es ampliamente utilizado y, en cierta medida, se utiliza como estándar de comparación para evaluar el rendimiento de otros rociadores. [28]. .

#### **Rociadores de cobertura extendida.**

Como implica el título, estos rociadores ofrecen una cobertura expandida o ampliada al ser activados. Esto puede resultar en ahorros en costos de materiales y mano de obra, ya que se requiere instalar menos rociadores. Sin embargo, esto puede implicar la necesidad de un suministro de agua con una presión más elevada para garantizar el flujo necesario que cubra el área más grande para la que están diseñados. Los rociadores de cobertura extendida también están disponibles en diversas orientaciones y ofrecen distintos tiempos de respuesta [28]. .

#### **Orientacion de rociadores**

Los rociadores están concebidos para ser instalados en una orientación específica. Aunque esto brinda una mayor flexibilidad en el diseño, es crucial garantizar que se coloquen en la orientación para la que han sido diseñados. [28]. .

**Rociador colgante:** Un rociador diseñado para ser instalado de manera que el chorro de agua se dirija hacia abajo, impactando contra el deflector. Los rociadores colgantes son bastante comunes, sin embargo, los rociadores colgantes estándar no son aptos para su uso con sistemas de tuberías secas debido al riesgo de que el agua quede atrapada entre el rociador y la tubería del ramal, lo que puede provocar la formación de hielo y bloquear el flujo de agua. [28].

**Rociador vertical:** Los rociadores verticales tienen un patrón de descarga similar al de los rociadores colgantes. La distinción radica en que los rociadores verticales se montan en la parte superior de los ramales o tramos, y se instalan de forma que el chorro de agua se dirige hacia arriba, impactando contra el deflector. Estos rociadores verticales son adecuados para su uso en sistemas de tubería seca, ya que no existe riesgo de que el agua quede atrapada[28].

**Rociador de pared lateral:** Los rociadores de pared lateral generalmente se instalan a lo largo de una pared y descargan el agua lejos de la pared hacia la habitación o el espacio. Los rociadores de pared lateral se pueden montar en el costado, en la parte inferior o en la parte superior de un ramal, como se especifica en sus listados. El patrón de descarga se asemeja a un cuarto de esfera, con una pequeña porción de la descarga dirigida a la pared detrás del rociador [28].

**Rociador empotrado:** Un rociador en el cual todo o parte de su cuerpo está instalado dentro de una carcasa empotrada. Algunos de estos rociadores empotrados están diseñados para estar parcialmente insertados en una pared o techo, mientras que otros están concebidos para estar completamente al ras con la superficie de la pared o el techo. Es importante destacar que solo los rociadores específicamente diseñados y certificados para ser instalados de esta manera pueden ser empotrados correctamente. [28].

**Rociador oculto:** Un rociador empotrado con una placa de cubierta. Esta placa se suele soldar al marco que se fija o empuja hacia el conjunto del rociador. La soldadura está diseñada para fundirse a una temperatura más baja que la temperatura de activación del rociador. Cuando la soldadura se derrite, la placa de cubierta se desprende, permitiendo que el deflector del cabezal del rociador caiga por debajo de la altura del techo y distribuya el agua después de la activación del rociador. [28].

#### **Tipos de respuesta a rociadores**

Los tipos de respuesta de los rociadores se definen según su índice de tiempo de respuesta (RTI), que es un método para medir la sensibilidad térmica en condiciones de prueba estandarizadas. Además del tiempo de respuesta, los rociadores pueden variar en los elementos térmicos diseñados para activarse a distintas temperaturas. Para obtener detalles adicionales sobre las características térmicas de los rociadores, te invitamos a consultar nuestro último blog, donde abordamos este tema en profundidad. [28].

**Rociador de respuesta rápida (QR):** Un tipo de rociador pulverizador posee un elemento térmico con un índice de tiempo de respuesta (RTI) de 50 (metros-segundos)  $1/2$  o menos, y se clasifica como un rociador de respuesta rápida para su uso previsto. Los rociadores de respuesta rápida son similares a los rociadores de respuesta estándar, excepto que cuentan con un elemento operativo de respuesta rápida. Por lo tanto, cuando están expuestos al mismo cambio de temperatura, un rociador de respuesta rápida actuará más rápidamente que uno estándar. La tecnología de los rociadores QR se desarrolló a partir de la tecnología de rociadores residenciales. Se someten a pruebas según los mismos criterios que los rociadores de respuesta estándar. Sin embargo, es importante tener en cuenta la diferencia en el tamaño de los elementos operativos entre los rociadores QR y los rociadores de respuesta estándar.



Por ejemplo, cuando se utilizan bulbos de vidrio para rociadores pulverizadores estándar, el diámetro del bulbo de un rociador QR suele ser menor que el de un rociador de respuesta estándar. Además, si se emplea una aleación metálica, el elemento sensible al calor de un rociador de respuesta estándar tendrá más masa que el utilizado en un rociador QR [28].

**Rociador de respuesta estándar:** Los rociadores clasificados como de respuesta estándar están equipados con un elemento térmico que posee un índice de tiempo de respuesta (RTI) de 80 (metros-segundos)  $1/2$  o superior. [28].

### **Rociadores especiales**

**Rociador residencial:** un tipo de rociador de respuesta rápida que tiene un elemento térmico con un RTI de 50 (metros-segundos)  $1/2$  o menos que se ha investigado específicamente por su capacidad para mejorar la capacidad de supervivencia en la sala de origen del incendio y que está listado para su uso en la protección de unidades de vivienda. Los rociadores residenciales están diseñados para evitar descargas disruptivas, por lo que el patrón de descarga arroja agua mucho más alto. Los rociadores residenciales deben pasar pruebas de humectación de paredes además de la distribución del piso [28].

**Rociador seco:** Los rociadores secos, a veces llamados rociadores de barril seco, se emplean en áreas donde las temperaturas cercanas al punto de congelación podrían afectar a los rociadores y las tuberías, como en congeladores o balcones. Estos rociadores secos, también conocidos como rociadores de barril seco, están asegurados en un niple de extensión que presenta un sello en el extremo de entrada para evitar la entrada de agua en el niple hasta que el rociador se active. La función de los rociadores secos es permitir que un sistema de tuberías húmedas pueda abastecer un área que podría estar expuesta a temperaturas de congelación, al retener el agua en un espacio que se mantiene por encima del punto de congelación. [28].

**Rociadores abiertos:** Los rociadores abiertos se emplean en sistemas de diluvio, donde no son activados por elementos térmicos individuales. En su lugar, el suministro de agua del sistema es retenido por una válvula de diluvio que se abre automáticamente, generalmente mediante la activación de un sistema de detección de calor. Esto se realiza con la intención de proporcionar una gran cantidad de agua sobre un área específica en un corto período de tiempo. Estos sistemas suelen utilizarse para la protección contra incendios en áreas de alto riesgo o con un potencial de propagación rápida. [28].

**Rociador institucional:** Rociadores en una instalación correccional o institucional puede ser complicada debido a la necesidad de que sean a prueba de manipulaciones. Los rociadores institucionales están diseñados específicamente para evitar que las personas les adhieran cualquier objeto que pueda causar daño a ellos mismos o a otros. Además, están fabricados con componentes que no pueden ser fácilmente convertidos en armas improvisadas.[28].

**Rociador resistente a la corrosión:** Un rociador fabricado con un material resistente a la corrosión, como recubrimientos especiales o placas, es utilizado en ambientes que normalmente corroerían los rociadores. Estos rociadores resistentes a la corrosión están recubiertos con un revestimiento decorativo o resistente a la corrosión, o están diseñados para una función específica. Es importante tener en cuenta la resistencia a la corrosión de cualquier embellecedor adicional utilizado. En entornos hostiles, los escudos de acero inoxidable y aluminio suelen ser preferidos sobre el acero ordinario debido a su mayor resistencia a la corrosión. [28].

#### **Rociadores de almacenamiento**

La mayoría de los rociadores están diseñados para controlar un incendio, lo que implica aplicar agua al fuego para prevenir que se propague fuera de control. Esta medida permite la evacuación segura de los ocupantes del edificio y facilita que los bomberos lleguen y extingan por completo el incendio. Sin embargo, existe un tipo de rociador diseñado específicamente para extinguir completamente un incendio. [28].

**Modo de control de área de densidad (CMDA):** Un tipo de rociador diseñado para proporcionar control de incendios en aplicaciones de almacenamiento utilizando los criterios de diseño de densidad/área es conocido como rociador de almacenamiento. Este tipo de rociador está diseñado específicamente para aplicaciones donde se requiere una mayor densidad de agua por área para controlar incendios en áreas de almacenamiento, como almacenes o bodegas. Los rociadores de almacenamiento están diseñados para descargar agua a una velocidad y cantidad que cumpla con los requisitos de diseño de densidad/área para extinguir o controlar un incendio en función del tipo de almacenamiento y del riesgo de fuego en esa área específica. [28].

**Modo de control para aplicaciones específicas (CMSA):** Estos rociadores están diseñados para aplicaciones como espacios de almacenamiento y, al igual que la mayoría de los otros tipos, tienen la función de controlar, no de extinguir, el fuego. Los rociadores CMSA son un tipo específico que puede generar gotas de agua grandes y se destacan por su capacidad para controlar incendios en entornos de alto riesgo. Este término engloba una variedad de rociadores aptos para enfrentar desafíos extremos en incendios. Es importante utilizar los rociadores CMSA según sus especificaciones de diseño para aplicaciones de almacenamiento específicas. Algunas personas los denominan rociadores de gota grande".[28].

**Respuesta rápida de supresión temprana (ESFR):** Al igual que los rociadores CMSA, los rociadores ESFR están destinados a aplicaciones de almacenamiento. Sin embargo, a diferencia de los CMSA, los rociadores ESFR están diseñados para suprimir incendios en lugar de simplemente controlarlos. Estos rociadores están diseñados para proteger el almacenamiento en estanterías sin la necesidad de rociadores en los estantes, empleando suficiente agua para

suprimir el fuego en sus etapas iniciales y penetrar en la columna de fuego en desarrollo. Con un elemento térmico de respuesta rápida y un índice de tiempo de respuesta (RTI) de 50 (metros-segundos)  $1/2$  o menos, los rociadores ESFR están certificados por su capacidad para suprimir incendios en situaciones de alto riesgo. Es importante distinguir entre los rociadores ESFR y otros tipos que pueden tener elementos operativos de respuesta rápida, ya que estos últimos no están diseñados específicamente para la supresión de incendios. La sensibilidad térmica, la densidad de agua entregada y la densidad requerida deben considerarse cuidadosamente en la selección y diseño de estos sistemas de rociadores. [28].

**Rociador de Nivel Intermedio:** Un rociador equipado con protectores integrados para salvaguardar sus elementos operativos de la descarga de rociadores instalados a elevaciones superiores. Estos rociadores de nivel intermedio se diseñan comúnmente para sistemas de rociadores en estanterías de almacenamiento, donde sus elementos térmicos requieren protección contra el agua de los rociadores ubicados en niveles superiores. También se encuentran en áreas debajo de pasarelas cuadrículadas abiertas y en otras aplicaciones similares. [28].

#### **Tecnología reciente**

Estos son algunos tipos de rociadores más recientes en el mercado, aunque no tan populares como otros. Sin embargo, es crucial estar al tanto de ellos [28].

**Rociadores de polímero:** Un rociador contra incendios residencial fabricado principalmente con materiales poliméricos. Normalmente, son más ligeros que los rociadores metálicos y están libres de plomo, lo que los hace adecuados para su uso en sistemas que utilizan agua potable. Al momento de escribir este artículo, estos rociadores están restringidos a su uso en sistemas que cumplen con la norma NFPA 13D. [28].

**Rociadores operados eléctricamente:** Disponen de una tecnología donde la señal eléctrica, generada por un sistema de control electrónico con algoritmos especializados de detección y control, es el principal medio de operación. Estos sistemas suelen ser empleados en aplicaciones de almacenamiento con altos desafíos. Utilizan detectores de calor y humo para identificar con precisión la ubicación de un incendio, permitiendo al sistema activar la cantidad apropiada de rociadores para controlar y/o extinguir el fuego. [28].

**Rociadores de estilo antiguo:** Estos están reservados para casos especiales, como la protección de bóvedas de almacenamiento de pieles. Estos rociadores tienen una distribución única de agua, donde aproximadamente la mitad se dirige hacia arriba y la otra mitad hacia abajo, lo que permite su instalación en posición colgante o vertical. Por otro lado, los sistemas de rociadores automáticos, también conocidos como rociadores contra incendios, son dispositivos de supresión que se activan automáticamente en respuesta al calor, rociando agua o agentes extintores sobre el fuego para controlarlo y prevenir su propagación. [18].

**Figura 9**

*Sistema de rociadores automáticos [18].*



### 5.2.3. Tipos de bombas contra incendios

- **Bombas centrífugas horizontales:** Estas bombas son ampliamente utilizadas en sistemas contra incendios debido a su capacidad para generar altas presiones. Son ideales para aplicaciones que requieren grandes caudales y altas presiones de agua. Estas bombas están diseñadas específicamente para sistemas de protección contra incendios. Según la NFPA 20: Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection, las bombas centrífugas horizontales de etapas múltiples son utilizadas en sistemas contra incendios [24].

**Figura 10**

*Bomba horizontal [24].*



- **Bomba Centrifuga Contra incendios Vertical:** En situaciones donde el suministro de agua está por debajo de la línea central de descarga de la brida y la presión de agua disponible no es suficiente para alimentar la bomba contra incendios, se emplea una bomba de tipo turbina de eje vertical. Este tipo de bomba utiliza un impulsor con aspas que permanece sumergido en el líquido a bombear, eliminando así la necesidad de cebado continuo o de mantener lleno el conducto de succión con líquido. [29].

**Figura 11**

*Bomba vertical [29].*



#### 5.2.4. Otros tipos de elementos

**Sistema de detección y supresión de gases:** Algunas edificaciones requieren sistemas especiales de detección y supresión de gases para ciertos riesgos específicos. Estos sistemas detectan la presencia de gases inflamables o tóxicos y activan mecanismos para su supresión, como la liberación de agentes químicos o la purga del área afectada [30].

**Figura 12**

*Sistema de detección y supresión de gases.*



- **Detectores de humo:** Son dispositivos diseñados para identificar la presencia de fuego o humo en una edificación. Pueden ser detectores de humo, detectores de calor, detectores de llama u otros tipos especializados. Estos dispositivos son cruciales para una detección temprana y activación rápida del sistema contra incendios [19].

**Figura 13**

*Detectores de humo.*



- **Sistema de alarma contra incendios:** Una vez que se detecta un incendio, el sistema de alarma contra incendios se activa automáticamente. Este sistema emite una señal de alarma tanto audible como visual para alertar a las personas dentro del edificio sobre la emergencia. Además, puede contar con dispositivos de notificación remota para informar a las autoridades competentes sobre el incidente, garantizando una respuesta rápida y eficaz ante la situación de emergencia [19].

**Figura 14**

*Sistema de alarma contra incendios.*



- **Extintores de incendios:** Los extintores de incendios son dispositivos portátiles que contienen agentes extintores como polvo químico seco, espuma o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Se emplean para combatir y apagar incendios en sus fases iniciales. Es crucial que los extintores de incendios estén estratégicamente distribuidos en la edificación, cumpliendo con las regulaciones y normativas de seguridad contra incendios para garantizar una respuesta efectiva en caso de emergencia [21].

### Figura 15

*Extintores contra incendios.*



#### 5.2.5. Descripción del proceso de funcionamiento del sistema

El sistema contra incendios está equipado con detectores de humo, detectores de calor, detectores de llamas u otros dispositivos de detección. Estos detectores monitorean constantemente el ambiente en busca de signos de fuego, cuando se detecta humo, calor o llamas, se activa una señal de alarma. Una vez que se activa la señal de alarma, el sistema emite una señal sonora o visual para alertar a las personas en el área afectada. Esta alarma puede ser una sirena, luces intermitentes o mensajes de voz pre grabados, dependiendo del tipo de sistema contra incendios instalado, se activará un mecanismo de supresión específico. Algunas opciones comunes son, extintores, si el incendio es pequeño y manejable, las personas pueden usar extintores manuales cercanos para tratar de apagar el fuego. Cuando existen rociadores automáticos, estos dispositivos están conectados a una red de tuberías y se activan cuando la temperatura alcanza un umbral determinado. Los rociadores liberan agua o un agente extintor sobre el área afectada para sofocar el fuego, existen algunos entornos sensibles al agua, como salas de servidores o archivos, utilizan sistemas de supresión de gases. Estos sistemas liberan un agente extintor gaseoso, como dióxido de carbono o nitrógeno, para reducir

la concentración de oxígeno y extinguir el fuego, en algunos casos, se utilizan sistemas de cortafuegos para contener y evitar la propagación del fuego. Estos pueden incluir puertas resistentes al fuego, cortinas de humo o sistemas de sellado de conductos para evitar la propagación de humo y llamas a través de aberturas y conductos, simultáneamente con la activación de la alarma, el sistema contra incendios debe incluir planes y procedimientos de evacuación. Estos pueden incluir rutas de evacuación claramente marcadas, puntos de encuentro designados y protocolos de comunicación para garantizar la seguridad de todas las personas en el edificio. Es importante destacar que los sistemas contra incendios pueden variar en función del tipo de edificio, las regulaciones locales y las necesidades específicas.

### 5.3. Análisis de precios unitarios.

El Análisis de Precio Unitario (APU), como técnica alineada con las mejores prácticas en la gestión de proyectos y en consonancia con la teoría de la triple restricción (Alcance, Tiempo y Costo), junto con otras áreas como riesgos, recursos, calidad e integración, busca perfeccionar la exactitud en las estimaciones durante los procesos de planificación. [31].

**Figura 16**

*Dimensiones de un proyecto [31].*

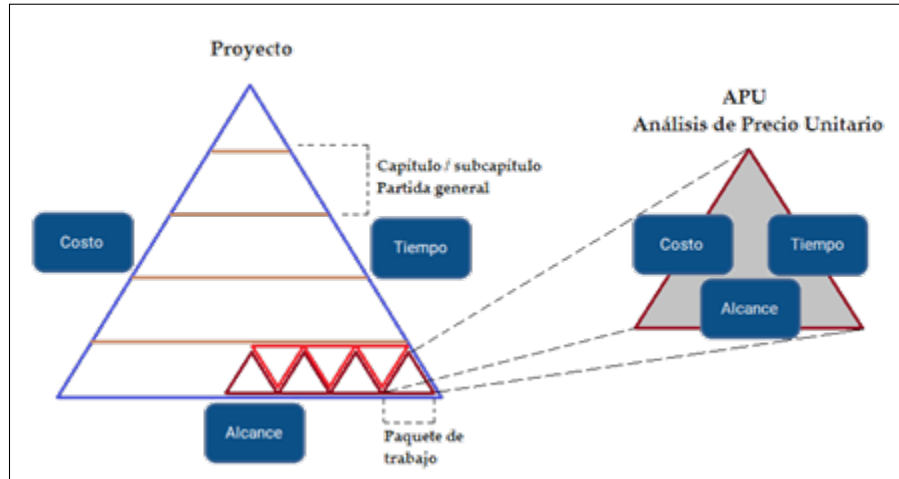


Durante los procesos de planificación, se recomienda emplear la técnica de descomposición del trabajo para lograr una estimación más precisa. Esto implica dividir el proyecto en paquetes de trabajo más pequeños, comúnmente agrupados en fases o etapas denominadas capítulos y subcapítulos o partidas generales. Esta descomposición se lleva a cabo hasta llegar a paquetes de trabajo extremadamente pequeños, idealmente con atomicidad, es decir, tareas tan pequeñas que no pueden subdividirse más o que no sería conveniente hacerlo.



**Figura 17**

*Capítulos y subcapítulo [31]*



Por ende, el Análisis de Precio Unitario (APU) es una técnica de estimación asociada a los paquetes de trabajo más pequeños, también conocidos como rubros o partidas. Esta técnica abarca el análisis de la estimación de áreas como alcance, tiempo y costo, considerando además aspectos como riesgo, recursos y calidad.

En cuanto al ámbito de gestión del alcance, el APU requiere necesariamente un documento de Especificación Técnica que delimita el alcance del trabajo a realizar. Cuanto más detallado sea este documento, menor será el riesgo de interpretaciones diversas o ambiguas. La especificación técnica debe responder, al menos, a las siguientes preguntas.

- ¿Cómo se realiza el trabajo?
- ¿Quién realiza el trabajo?
- ¿Con qué se realiza el trabajo?
- ¿Qué incluye?
- ¿Qué no incluye?
- ¿Cuál es su calidad?

Del documento del alcance “Especificación técnica”, se obtienen los recursos que intervienen, tanto de equipos y herramientas a utilizar, mano de obra, quién realiza, materiales y transporte.

En cuanto a la estimación del área de gestión del tiempo o cronograma, se emplea el dato correspondiente al rendimiento o esfuerzo que la cuadrilla (equipo y herramientas + Mano de Obra) debe hacer para realizar la unidad de medida del trabajo “APU”.

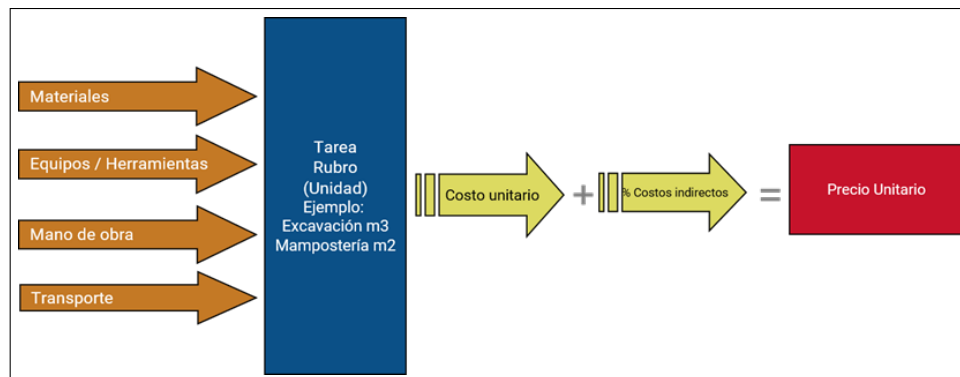
Finalmente, la consecuencia del análisis del alcance, recursos, tiempo, riesgos, estudio de mercado de costos directos e indirectos aplicado al APU se genera la estimación del área de gestión del costo [31].

### 5.3.1. ¿Cómo se elabora un Análisis de Precio Unitario?

El análisis de precio unitario consiste en desglosar el costo por unidad de medida de cada rubro, identificando los rendimientos, costos y cantidades de cada uno de los insumos o materiales a utilizarse, y así establecer dichos costos en los diferentes componentes del rubro como: materiales, mano de obra, equipos y costos indirectos [31].

**Figura 18**

*Análisis de precios unitarios [31]*



#### **Características:**

- Es un proceso aproximado, ya que no existen procesos constructivos iguales.
- Está basado en la experiencia del analista (juicio de experto), quien fundamenta promedio de consumos, insumos y desperdicios.
- Se trata de un proceso dinámico, ya que está sujeto a la evolución (mejora continua) [31].

## **6. Marco metodológico**

### **6.1. Metodología de la Investigación**

En la metodología de investigación fue cuantitativa, donde se establecieron valores de temperatura, espacios físicos, altura de servicio, caudal de agua, volumen de la cisterna, entre otros,... tales como las dimensiones de la edificación, la cantidad de personas circularan, y las disposiciones de los espacios de esta. La investigación es analítica, apuntando a normas generales relacionadas con el caso de estudio. El alcance es exploratorio, ya que se trabajará con investigación bibliográfica de sistemas implementados para fundamentar el análisis; también es descriptivo porque se desarrollará el modelamiento y simulación.

### **6.2. Metodología del proceso**

La Figura .... presenta la metodología de los procesos que se utilizó en el desarrollo del trabajo de titulación, considerando que se partió desde el levantamiento de datos hasta la propuesta del diseño.

#### **6.2.1. Establecimiento de las condiciones iniciales para el diseño de un sistema contra incendios.**

El diseño de un sistema contra incendios para una edificación debe tener en cuenta la clasificación de riesgo de la edificación. Es importante diseñar un sistema combinado que suministre agua tanto a las mangueras contra incendio como a los rociadores automáticos. Para ello, es necesario determinar los parámetros básicos que deben cumplir dicha red, como los caudales, las distancias y las presiones. Estos parámetros están establecidos por la normativa que rige el diseño de sistemas contra incendios.

##### **6.2.1.1. Condiciones de la edificación**

Para la edificación se consideró realizar un análisis por cada planta donde no incida lo siguiente:

- Área total: 524 m<sup>2</sup>
- Ocupación de la edificación
- Análisis por cada planta

### 6.2.1.2. Análisis del subsuelo

En el subterráneo se cuenta con un parqueadero con espacio para siete vehículos, un cuarto de bombas, un generador y la cisterna que será de uso exclusivo para el sistema contra incendios.

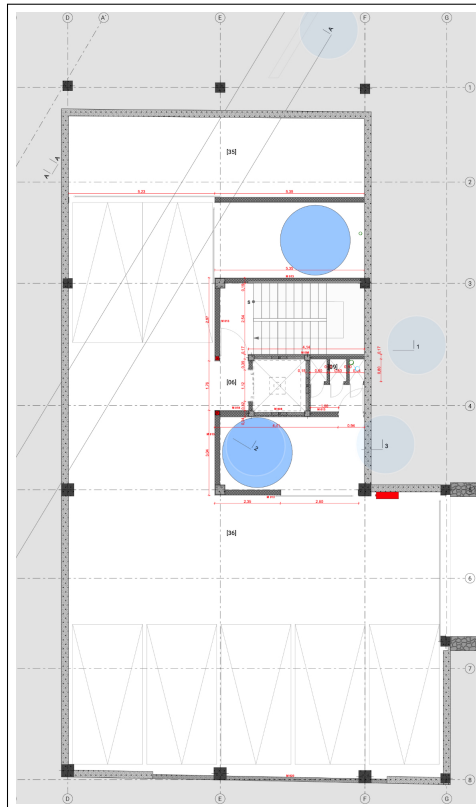
#### **Análisis de riesgos**

A continuación, se presentan algunos posibles riesgos que podrían ser considerados en un estudio de diseño de un sistema contra incendios para un subterráneo:

- **Falta de ventilación adecuada:** La falta de ventilación adecuada en un subterráneo puede aumentar el riesgo de acumulación de gases tóxicos y humo en caso de un incendio. Es importante asegurarse de que el sistema de ventilación esté diseñado para proporcionar una cantidad adecuada de aire fresco y para eliminar el humo y los gases tóxicos en caso de un incendio.
- **Falta de acceso adecuado:** En caso de un incendio, es importante que los bomberos tengan acceso rápido y fácil al subterráneo. Es importante asegurarse de que el diseño del sistema contra incendios incluya una entrada adecuada para los bomberos y que el subterráneo esté claramente marcado para facilitar la localización.
- **Falta de capacitación adecuada:** Es importante que el personal que trabaja en el subterráneo esté capacitado adecuadamente en el uso del sistema contra incendios. La falta de capacitación adecuada puede aumentar el riesgo de lesiones o daños en caso de un incendio.

## Figura 19

*Subsuelo.*



### Leyenda:

- 06. Circulaciones verticales
- 09. Ductos
- 35. Cuarto de máquinas
- 36. Parqueadero

### 6.2.1.3. Análisis de la planta baja

La planta baja cuenta con cuatro cajas de servicios bancarios, un cubículo de información, cuatro de atención al cliente y un ejecutivo, también cuenta con quince oficinas para diferentes servicios y un cuarto de rack, los cuales se pueden observar en la figura 17.

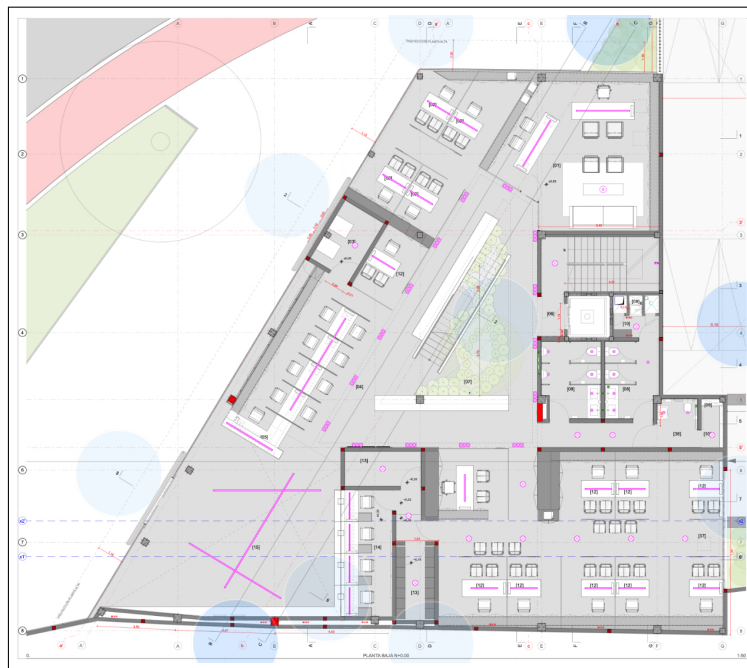
## Análisis de riesgos

- **Riesgo de desastres naturales:** Los terremotos pueden causar incendios en las edificaciones si los sistemas eléctricos o de gas se dañan. Para prevenirlos, se deben realizar inspecciones regulares y se deben asegurar los sistemas eléctricos y de gas.
- **Cumplimiento Regulatorio:** Las instituciones financieras están sujetas a regulaciones estrictas. Se debe realizar un seguimiento constante para garantizar el cumplimiento normativo y evitar sanciones legales.

También se toma en cuenta por medio de la leyenda, las personas que van a hacer uso de la edificación, por lo tanto, para realizar el diseño de un sistema contra incendios se considera el escenario más desfavorable, por ende la edificación va a estar ocupada en su totalidad y su distribución de la siguiente manera:

### Figura 20

*Planta baja.*



### Leyenda:

- 01. Inversiones VIP - ocupado por tres funcionarios y seis clientes

- 02. Cobranzas - ocupado por cuatro funcionarios y ocho clientes
- 03. Operativos - ocupado por un funcionario y un cliente
- 05. Recepción - ocupado por un funcionario y un cliente
- 06. Circulaciones verticales - ocupado por 4 clientes
- 07. Área verde
- 08. SSHH - diseñado para seis clientes
- 38. Baño para discapacitados diseñado para un cliente
- 09. Ductos
- 10. Rack
- 11. Jefe de agencia
- 12. Ejecutivo - ocupado por ocho funcionarios y dieciséis clientes y seis espacios de espera
- 37. Archivero - ocupado por un funcionario
- 13. Bóveda - ocupado por un funcionario
- 14. Cajas - ocupado por cuatro funcionarios
- 15. Área de cajas

Para el área de cajas se determina el área cuadrada que ocupa cada persona en el espacio establecido.

#### **6.2.1.4. Análisis de la primera planta**

En la primera tiene dos salas de reuniones, trece oficinas y un cuarto de rack.

##### **Análisis de riesgos**

- **Riesgo de Desastres Naturales:** Aunque la segunda planta puede estar menos expuesta a ciertos riesgos naturales que el primer piso, aún es importante considerar la posibilidad de daños por incendios, inundaciones o terremotos. Se deben tomar medidas de mitigación adecuadas, como sistemas de extinción de incendios y estructuras resistentes.

## Figura 21

*Primera planta.*



### Legenda:

- 06. Circulaciones verticales
- 08. SSHH
- 09. Ductos
- 10. Rack
- 16. Cubículo reuniones - diseñado para seis funcionarios
- 17. Auditoría - diseñado para seis funcionarios
- 18. T/C - diseñado para seis funcionarios



- 19. Riesgos - diseñado para seis funcionarios
- 20. Fabrica - diseñado para seis funcionarios
- 21. Procesos - diseñado para seis funcionarios
- 22. Innovación - diseñado para seis funcionarios
- 23. Desarrollo - diseñado para seis funcionarios
- 24. Negocios - diseñado para seis funcionarios
- 25. Sistemas - diseñado para 4 funcionarios
- 26. Sub gerencia negocios - ocupa un funcionario y un cliente
- 27. Jefe

#### **6.2.1.5. Análisis de la segunda planta**

En la segunda planta tiene un comedor, una cafetería, un auditorio, dos salas de reuniones, baños, gerencia y tres oficinas para varios servicios.

##### **Análisis de riesgos**

- **Riesgo de incendio:** El auditorio, las áreas de reuniones y las oficinas pueden albergar a un gran número de personas. Por tanto, debe considerarse el riesgo de incendio, especialmente durante eventos o reuniones. Se necesitan sistemas de detección y extinción de incendios, así como aviones de evacuación claros.
- **Riesgo de Cumplimiento Normativo:** Las operaciones de gerencia y ciertas oficinas pueden estar sujetas a regulaciones estrictas. Es crucial cumplir con estas normativas para evitar sanciones o problemas legales.

**Figura 22**

*Segunda planta.*



**Leyenda:**

- 06. Circulaciones verticales
- 08. SSHH - ocupado por cuatro clientes
- 38. Baño para discapacitados - diseñado para una persona
- 09. Ductos
- 10. Rack - ocupado por una persona
- 28. Gerencia - diseñada para recibir a ocho personas

- 29. Asistentes - ocupado por tres funcionarios
- 37. Archivero - ocupado por una persona
- 30. Sala de reuniones - ocupado por siete personas y once personas
- 31. Sub gerencia - ocupado por seis personas
- 32. Cafetería - ocupado por treinta y cuatro personas
- 33. Terraza/comedor - ocupado por cuatro personas
- 34. Auditorio - diseñado para sesenta y seis personas

#### 6.2.1.6. Análisis de la tercera planta

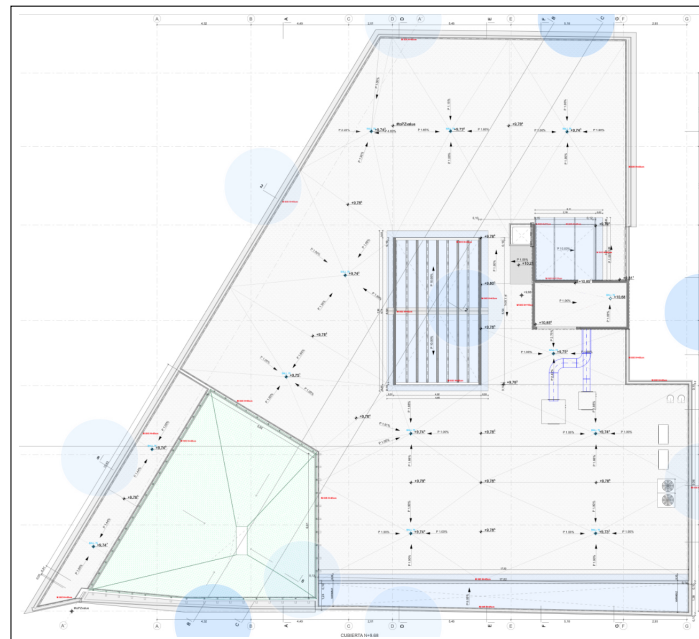
En la tercera planta tiene la terraza.

#### Análisis de riesgos

En esta sección de la edificación no va a estar ocupada por personas o los clientes

**Figura 23**

*Cuarta planta.*



#### 6.2.1.7. Riesgos que se consideraran para el diseño del sistema contra incendios

- **Cortocircuitos eléctricos:** Los cortocircuitos eléctricos representan una de las principales causas de incendios en edificios financieros. Para mitigar este riesgo, es esencial garantizar que los sistemas eléctricos estén diseñados y mantenidos de manera adecuada. Además, se recomienda la instalación de detectores de humo y sistemas de extinción de incendios en áreas críticas para una respuesta rápida y eficaz en caso de emergencia.
- **Sobrecarga eléctrica:** La sobrecarga eléctrica constituye otra causa frecuente de incendios en edificios financieros. Para prevenir este problema, se recomienda la instalación de sistemas de protección contra sobrecargas y la realización de inspecciones regulares de los sistemas eléctricos. Además, la falta de mantenimiento de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) puede aumentar el riesgo de incendios. Por lo tanto, es crucial llevar a cabo inspecciones periódicas y mantener los sistemas HVAC en óptimas condiciones.
- **Falta de capacitación:** La falta de capacitación del personal en prevención y control de incendios representa un riesgo significativo. Es esencial proporcionar capacitación adecuada al personal sobre medidas preventivas y procedimientos de control de incendios. Además, se deben realizar simulacros de incendios de manera regular para asegurar que el personal esté preparado para actuar en caso de emergencia.
- **Falta de sistemas de extinción de incendios:** La ausencia de sistemas de extinción de incendios en áreas críticas puede incrementar el riesgo de incendios. Por lo tanto, es crucial instalar sistemas de extinción de incendios en estas áreas y llevar a cabo inspecciones periódicas para garantizar su buen funcionamiento.

#### 6.2.1.8. Variables cualitativas que debe cumplir un sistema contra incendios

Una vez conociendo los riesgos y el estimado de personas que van a estar dentro de la edificación, en el momento que se produzca un incendio, se debe considerar también las variables que debe tener un sistema contra incendios.

- Debe brindar la seguridad de que ante un conato de incendio pueda ser controlado para que no se pueda expandir en toda la edificación.
- El sistema debe considerar que, al momento en el que se activa en ciertas ocupaciones, no cause un daño material ni patrimonial.

## 6.2.2. Diseño de un sistema contra incendios basado en las normas de la National Fire Protection Association (NFPA).

### 6.2.2.1. Descripción del área a proteger

El diseño del sistema contra incendios está contemplado para proteger todas las 3 plantas principales de la misma, ya que la última planta es un ático. Actualmente, la edificación cuenta con 540 m<sup>2</sup> de construcción, los cuales están divididos de la siguiente manera.

**Tabla 2**

*Plantas de la edificación financiera*

Descripción	Ocupación
Subsuelo	Parqueadero
Primera Planta	Área administrativa, cajeros y ventanillas
Segunda Planta	Área de reuniones, administrativa
Tercera Planta	Área de cafetería, administrativa y reuniones

**Figura 24**

*Planos arquitectónicos de la edificación.*



La figura 24 muestra los planos de cada planta de la edificación financiera.

#### **6.2.2.2. Clasificación de la ocupación.**

La ocupación es para lo que está destinado la utilización de la edificación, en este caso es una institución financiera, y la Norma NFPA 13 clasifica a las ocupaciones de la siguiente manera.

- Riesgo leve
- Riesgo ordinario (grupo 1)
- Riesgo ordinario (grupo 2)
- Riesgo extra (grupo 1)
- Riesgo extra (grupo 2)

Se toma en cuenta de que el sistema que se está diseñando es para una edificación de una institución financiera, las clasificaciones de las ocupaciones no tienen como finalidad ser una clasificación general, sino, se debe tener en cuenta que cada área, en este caso cada planta cuenta o tiene un riesgo diferente, por lo que se realiza el análisis por cada planta.

A continuación se presenta una tabla con las plantas y a la clasificación de riesgos que pertenecen:

**Tabla 3**

*Clasificación del riesgo por cada planta*

<b>Planta</b>	<b>Ocupación</b>	<b>Clasificación de Riesgo</b>
Subsuelo	Parqueadero	Riesgo Ordinario (grupo 2)
Planta baja	Ventanillas y áreas administrativas y de espera	Riesgo leve
Primera planta	Sala de reuniones y áreas administrativas	Riesgo leve
Segunda planta	Cafetería, sala de reuniones y áreas administrativas,	Riesgo leve

#### **6.2.2.3. Subsuelo.**

El subsuelo está destinado para un parqueadero y se clasificó el riesgo como ordinario (grupo 1).

#### **6.2.2.4. Parqueadero**

El parqueadero cubre un espacio para siete vehículos aproximadamente, cabe destacar también que ahí se encuentra el cuarto de bombas y un generador de corriente eléctrica.

#### **6.2.2.5. Método de extinción a utilizar**

Considerando que el proyecto se basa en un diseño hidráulico y de que las áreas a proteger cuentan con el riesgo ya clasificado, se utilizara el método de enfriamiento mediante una red de tuberías húmeda cerrado, la cual contempla un suministro de agua y sistema de bombeo combinado para toda la edificación, la cual estará conformado por:

- Conexiones de manguera (toda la edificación)
- Rociadores automáticos de incendio (en toda la edificación)

#### **6.2.2.6. Conexión de mangueras.**

Se ha seleccionado un sistema Case II, la cual provee una estación de mangueras de 1 1/2 pulgadas (40mm), lo que podrán utilizar el personal capacitado de la edificación. [8]

#### **6.2.2.7. Componentes de la conexión de mangueras clase II.**

De acuerdo al requerimiento en el reglamento de prevención y a las normativas de la NFPA, las bocas de incendios equipada (BIE) o conexiones de manguera deberán estar constituidas por los siguientes elementos:

- Válvula angular de  $\varnothing 1^{1/2}$  para conexiones de mangueras
- Brazo o rack porta mangueras
- Pitón de  $\varnothing 1^{1/2}$
- Niple de  $\varnothing 1^{1/2}$
- Dos tramos de manguera plana de  $\varnothing 1^{1/2}$
- Cajetín para incendios de 77 x 77 x 24

#### **6.2.2.8. Consideraciones de montaje para conexiones de manguera.**

Las conexiones y estaciones de manguera deben encontrarse a distancias no inferiores a *3ft* (aproximadamente 0.9 m) en el caso de edificios con rociadores, y a no menos de 130 *ft* (alrededor de 39.7m ) en el caso de edificios sin sistemas de rociadores, sin que haya obstrucciones.

#### **6.2.2.9. Selección del tipo de rociador automático destinado para la edificación.**

EN la edificación, las áreas que necesitan este tipo de protección son las áreas del parqueadero, la cafetería y las áreas administrativas.

#### **6.2.2.10. Rociadores para áreas administrativas.**

Dado que se trata de una edificación financiera con predominio de áreas administrativas, el diseño puede basarse en el método de densidad/área, considerando que la ocupación de oficinas se clasifica como riesgo leve.

En este contexto, se recomienda utilizar rociadores de respuesta estándar con un factor K de 5.6 (80) en todas las zonas administrativas. Esto se debe a que la densidad de diseño es de 0.10 galones por minuto por pie cuadrado (0.10 gpm/pie<sup>2</sup>), y según la normativa NFPA 13, se deben permitir rociadores con respuesta K-5.6 o superior para aplicaciones donde la densidad sea de 0.2 galones por minuto por pie cuadrado (0.2 gpm/pie<sup>2</sup>) o menos.



## Figura 25

*Rociador factor K-5.6.*



### 6.2.2.11. Características de los rociadores administrativos.

- **Marca:** Viking o similar
- **Modelo:** VK1021
- **Orientación del deflector:** Colgante (Pendent)
- **Presión máxima:** 175 psi
- **Presión mínima:** 7 psi
- **Color:** Bronce o blanco
- **Tamaño de rosca:** 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>
- **Factor K:** 5.6 U.S

### 6.2.2.12. Áreas de protección y espaciamiento de rociadores para áreas administrativas.

**Figura 26**

*Áreas de protección y espaciamiento de rociadores para áreas administrativas.*

Tipo de construcción	Tipo de sistema	Área de protección máxima		Espaciamiento máximo	
		pie <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	pie	m
No combustible obstruida	Calculado hidráulicamente	225	20	15	4.6
No combustible obstruida	Cédula de tubería	200	18	15	4.6
No combustible obstruida	Calculado hidráulicamente	225	20	15	4.6
No combustible obstruida	Cédula de tubería	200	18	15	4.6
Combustible no obstruida, sin miembros expuestos	Calculado hidráulicamente	225	20	15	4.6
Combustible no obstruida, sin miembros expuestos	Cédula de tubería	200	18	15	4.6
Combustible no obstruida, con miembros expuestos a 3 pies (910 mm) o más entre centros	Calculado hidráulicamente	225	20	15	4.6
Combustible no obstruida, con miembros expuestos a 3 pies (910 mm) o más entre centros	Cédula de tubería	200	18	15	4.6
Combustible no obstruida, con miembros a menos de 3 pies (910 mm) entre centros	Todos	130	12	15	4.6
Combustible obstruida, con miembros expuestos a 3 pies (910 mm) o más entre centros	Todos	168	16	15	4.6
Combustible obstruida, con miembros a menos de 3 pies (910 mm) entre centros	Todos	130	12	15	4.6
Espacios ocultos combustibles de acuerdo con 10.2.6.1.4	Todos	120	11	15 en paralelo a la pendiente 10 perpendicular a la pendiente*	4.6 en paralelo a la pendiente 3.0 perpendicular a la pendiente*

\*Ver 10.2.6.1.4.4.

Edición 2019

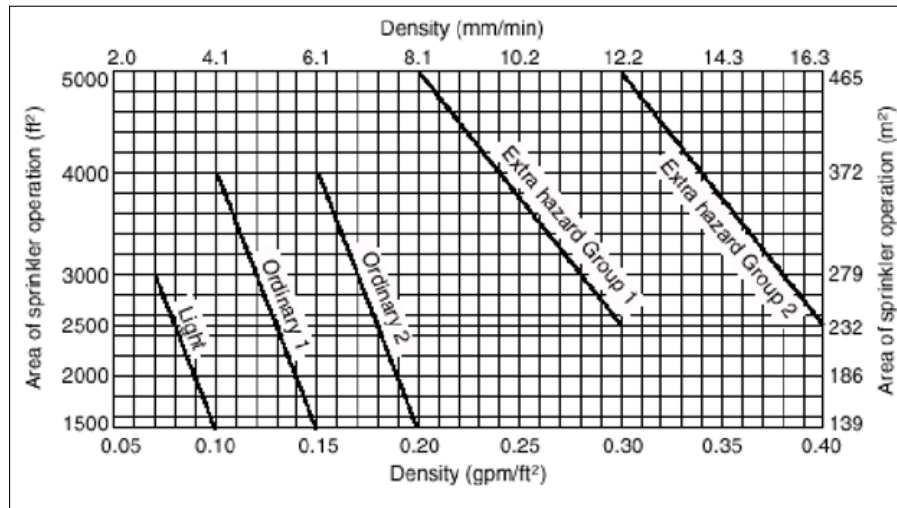
### 6.2.2.13. Rociadores para áreas de parqueadero.

#### Densidad y área de diseño.

La densidad en el diseño contra incendios representa el caudal descargado por un sistema de extinción por unidad de área. Este parámetro fluctúa entre 0.1 gpm/ $ft^2$  y 0.60 gpm/ $ft^2$  según la norma NFPA 13 en cuanto al diseño de los rociadores.

**Figura 27**

*Densidad de los rociadores.*



**Nota:** En la Figura se puede observar el área del tercer piso de la edificación, así como sus leyendas.

### 6.2.3. Sistema de extinción de incendios manual.

En este subsistema van a estar interviniendo lo que son los gabinetes y los extintores, ya que se operan de forma manual.

Existen varios tipos de gabinetes:

- Los sistemas de clase I cuentan con conexiones para mangueras de 2½" (64 mm) ubicadas estratégicamente en un edificio, destinadas a permitir una intervención completa por parte de los bomberos en caso de incendio. Estos sistemas están diseñados para ser utilizados exclusivamente por los bomberos.
- Los sistemas de clase II, por otro lado, poseen conexiones de 1½" (38 mm) en determinadas áreas del edificio, con el propósito de brindar una primera asistencia en caso de incendio.
- Por último, los sistemas de clase III combinan las características de los sistemas de clase I y II. Están diseñados tanto para proporcionar una primera asistencia en caso de incendio como para ser utilizados por los bomberos en la lucha contra el fuego.

Para esta edificación se seleccionó el gabinete clase II

### 6.2.3.1. Ubicación de conexiones de manguera

**Figura 28**

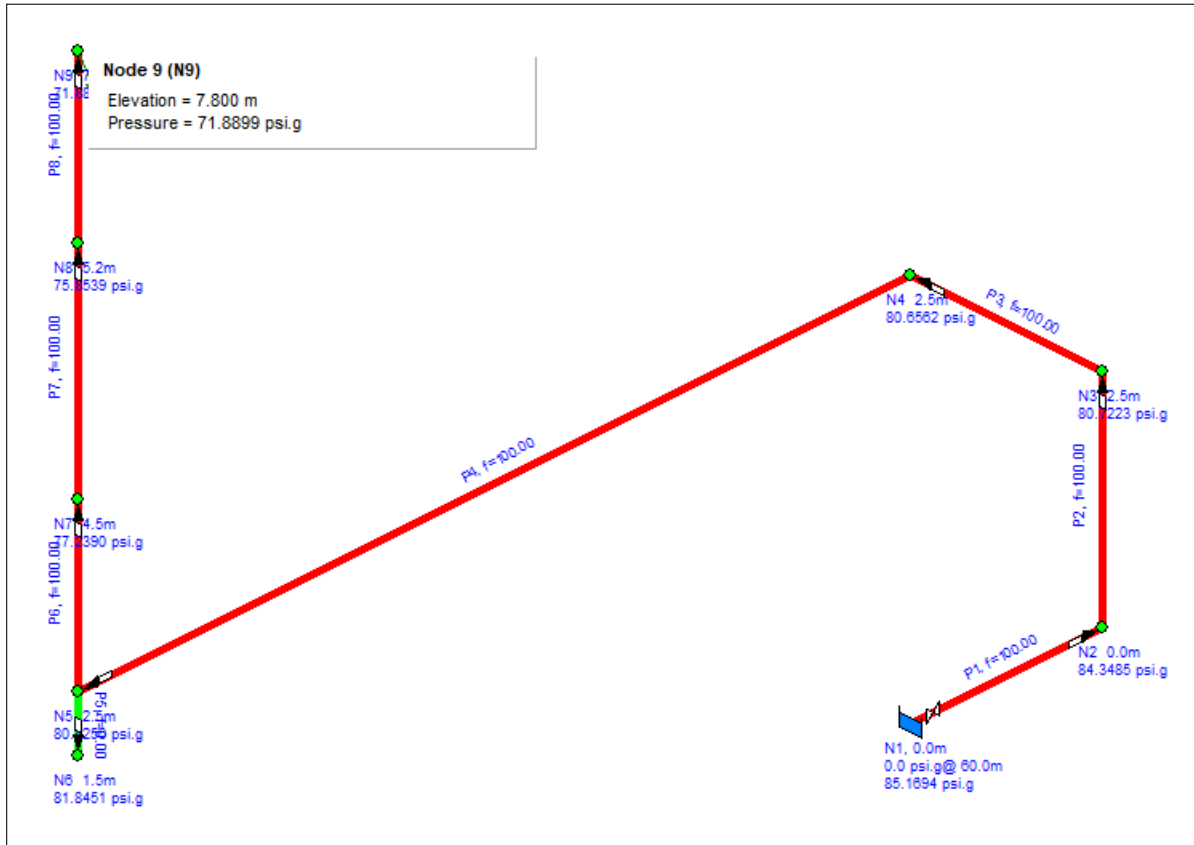
*Distribución de gabinetes contra incendios.*



El requerimiento de caudal para esta clase de gabinete es de 100 Gpm como mínimo, para el gabinete hidráulicamente más lejano y una presión de 65 psi, en este caso este gabinete estará ubicado en la segunda planta. Para la simulación y recaudación de los datos se utilizó el software Pipe Flow.

**Figura 29**

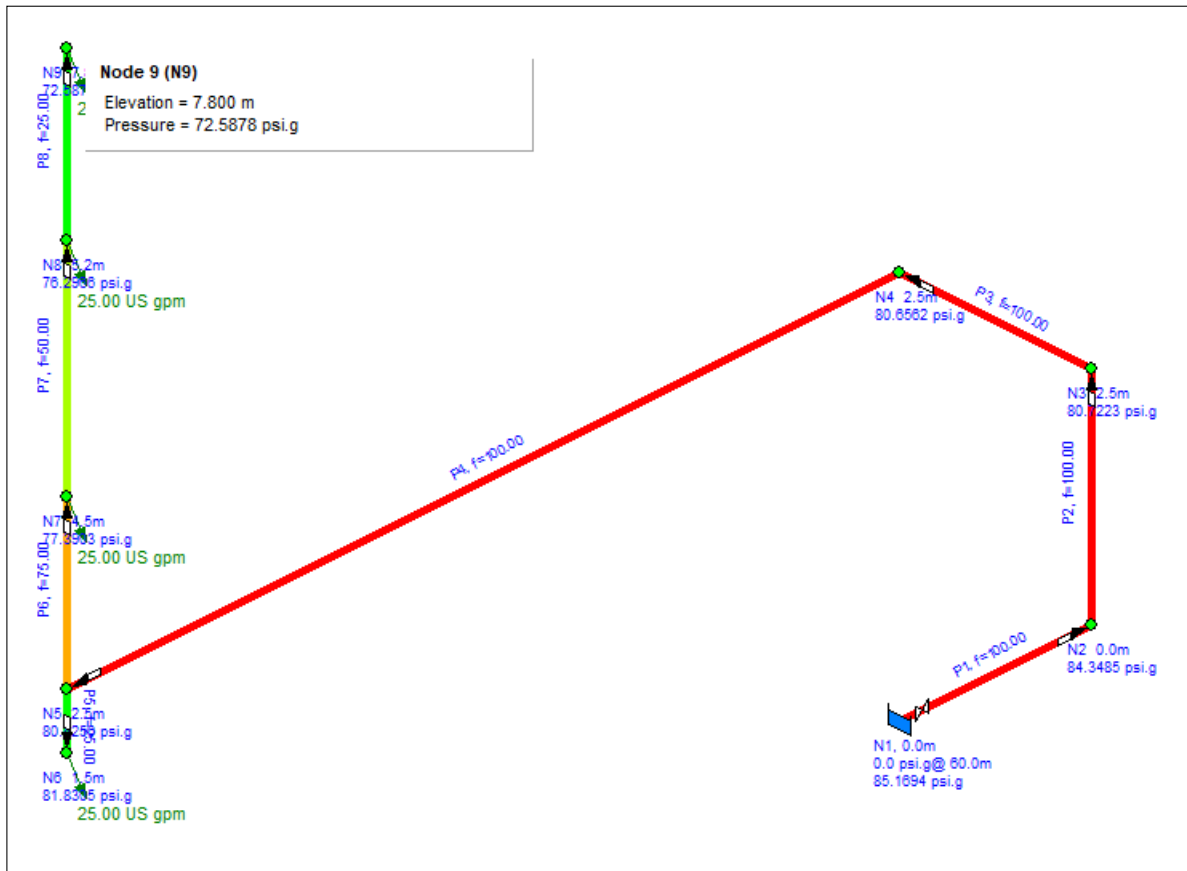
*Simulación del gabinete más remoto hidráulicamente.*



En la figura 26 se puede observar que la presión es de 71 psi y a 100 GPM, que está dentro del rango de la norma. También se realizó dos simulaciones, con el escenario más desfavorable, este es: si los cuatro gabinetes funcionaran a la vez.

**Figura 30**

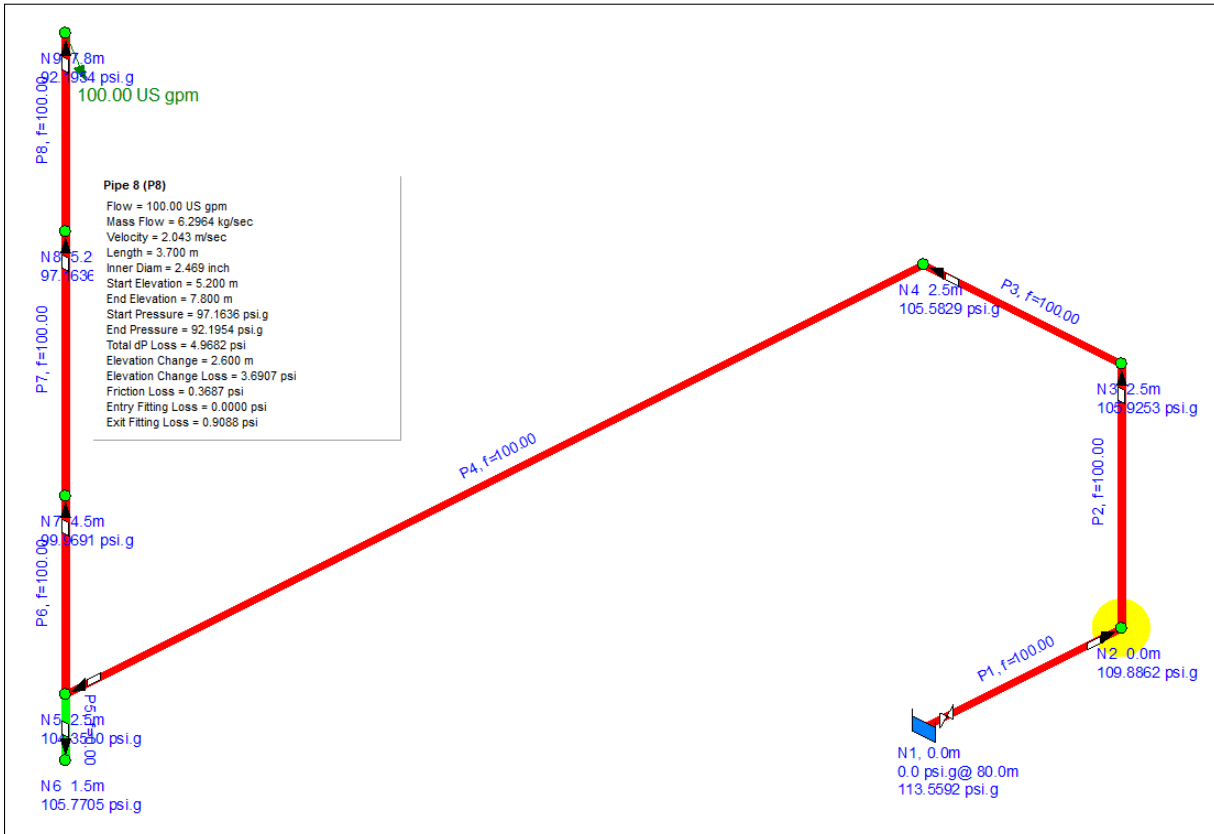
*Simulación con todos los gabinetes funcionando a la vez.*



En la simulación de la figura 30 se puede observar que hay un aumento de presión (72,5 psi), esto debido a que, si están funcionando los cuatro gabinetes a la vez los galones por minuto se distribuyen, es decir, 25 GPM a cada gabinete, por eso se realiza el cálculo únicamente del último gabinete a una presión de 65 psi y 100 GPM También en la simulación se puede observar que la velocidad del fluido está dentro de los rangos recomendados de entre 2 a 4.5 m/s.

**Figura 31**

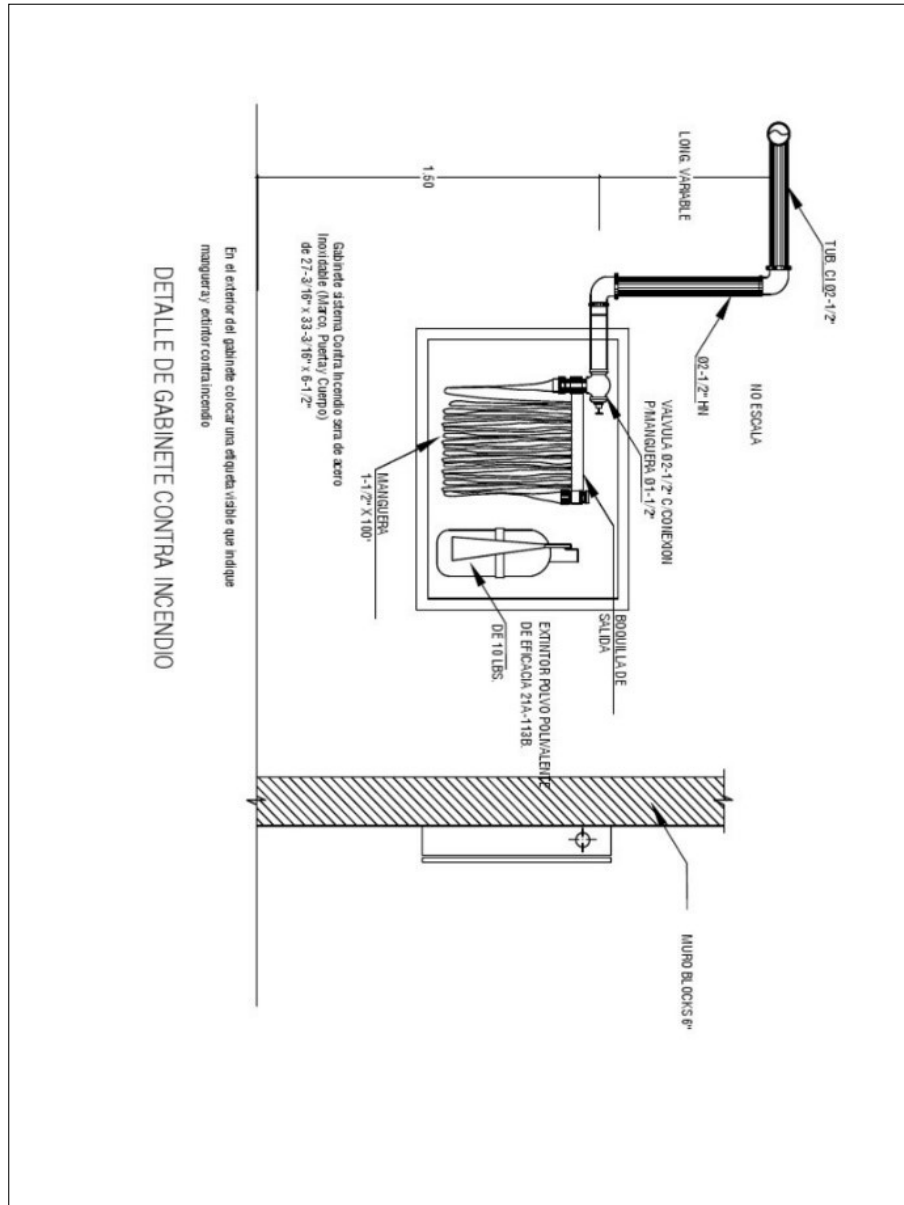
*Velocidad del agua*



Este caudal de 100 gpm deberá mantenerse durante un período de 90 minutos. Es importante que el sistema de gabinetes esté diseñado para asegurar que se alcance y mantenga el caudal requerido durante el tiempo especificado, según lo establecido en las normas NFPA para garantizar una adecuada protección contra incendios. Los sistemas de Clase II cuentan con conexiones de 1½” (38 mm) en lugares específicos del edificio, destinados a brindar una primera respuesta en caso de incendio.

**Figura 32**

*Detalle del gabinete tipo II*



### 6.2.3.2. Sistemas de extinción de incendios automática

#### Cálculos para rociadores

Para empezar con el cálculo de los rociadores, nos basaremos de la siguiente tabla y de la figura 24



En esta sección se define las áreas más críticas de la edificación, en este caso el área más crítica es el parqueadero que se encuentra en el subsuelo, y, también, se elige el área más alejada, la segunda planta en este, caso, y se realizan los cálculos respectivos según la NFPA 13.

### 6.2.3.3. Cálculos para el subsuelo.

**Tipo de riesgo:**

Riesgo ordinario.

**Área de diseño  $A_d$ :** 140m<sup>2</sup>

**Densidad de diseño:** 0.15 gpm/ft<sup>2</sup>

**Área de cobertura de los rociadores  $A_c$ :**

$$S * L = 13.12ft^2 * 13.12ft^2 = 172.13ft^2$$

**Número de rociadores en el área de diseño  $A_d/A_c$ :**

$$A_d/A_c = 1506.95ft^2/172.13ft^2 = 9$$

**Requerimientos para el rociador más alejado**

Caudal del rociador= Densidad de diseño \*  $A_c$

$$A_c = 0.15GPM/ft^2 * 172.13ft^2 = 25.81GPM$$

**Presión del rociador:**

$$(Q_r/K)^2 = \left(\frac{25.81gpm}{5.6\frac{gpm}{\sqrt{psi}}}\right)^2 = 21.24psi$$

**Caudal del sistema:**

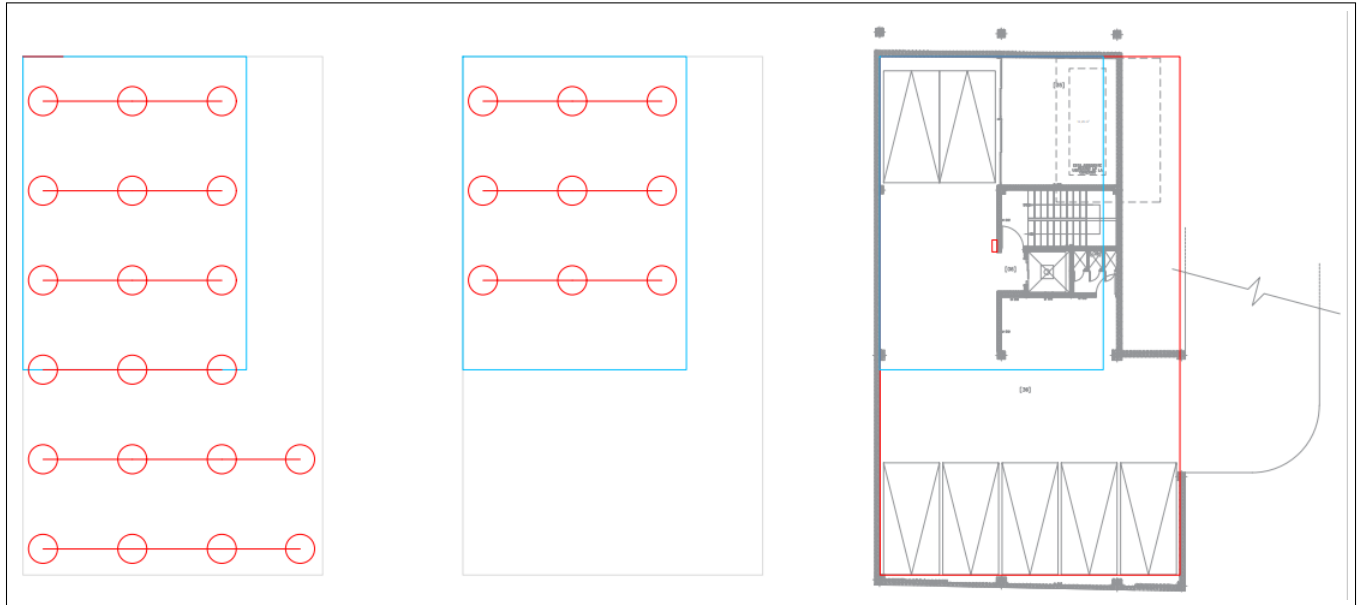
*Densidad dediseño \*  $A_c$  \* número de rociadores*

$$25.81 * 9 = 232.29gpm$$

El resultado de los cálculos nos indica que, para el área de diseño, es decir para lo que vamos a necesitar, se requieren 9 rociadores.

**Figura 33**

*Área de diseño para el subsuelo.*



Como se puede observar en la imagen central de la figura 30, esa es el área de diseño de 9 rociadores para los que se requiere una presión de 21.24 psi para el rociador más alejado y un caudal de 232.29 gpm en todo el sistema del subsuelo.

#### 6.2.3.4. Cálculos para la planta baja

**Tipo de riesgo:**

Riesgo leve

**Área de diseño  $A_d$ :** 140m<sup>2</sup>

**Densidad de diseño:** 0.10 gpm/ft<sup>2</sup>

**Área de cobertura de los rociadores.  $A_c$ :**

$$S * L = 13.12ft^2 * 13.12ft^2 = 172.13ft^2$$

**Número de rociadores en el área de diseño.  $A_d/A_c$ :**

$$A_d/A_c = 1506.95ft^2/172.13ft^2 = 9$$

### Requerimientos para el rociador más alejado

Caudal del rociador= Densidad de diseño \*  $A_c$

$$A_c = 0.10GPM/ft^2 * 172.13ft^2 = 17.21GPM$$

### Presión del rociador:

$$(Q_r/K)^2 = \left(\frac{17.21gpm}{5.6\frac{gpm}{\sqrt{psi}}}\right)^2 = 9.44psi$$

### Caudal del sistema:

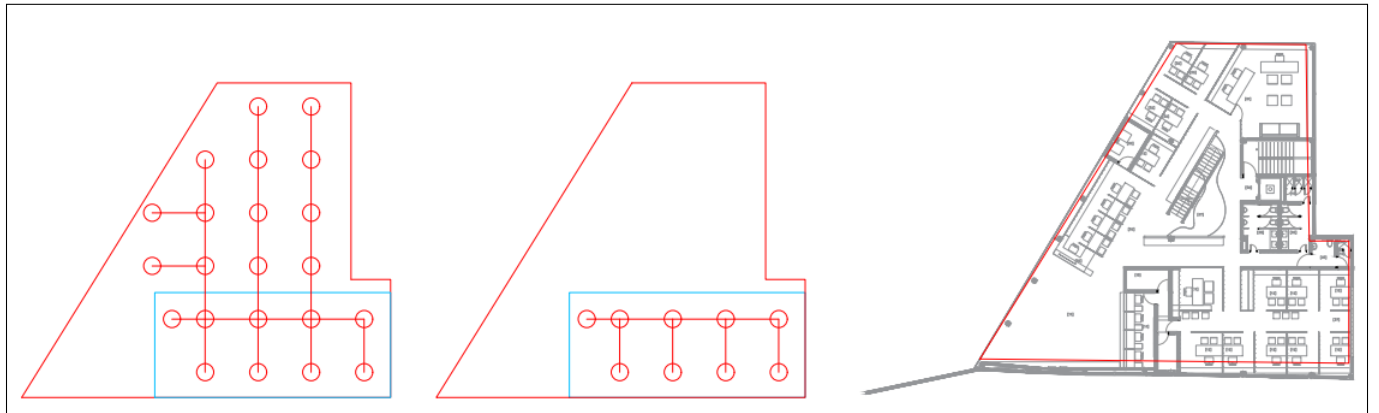
Densidad dediseño \*  $A_c$  \* número de rociadores

$$9.44 * 9 = 85gpm$$

El resultado de los cálculos nos indica que, para el área de diseño, es decir para lo que vamos a necesitar, se requieren 9 rociadores.

### Figura 34

Área de diseño para la planta baja.



Para la planta baja se calculó un caudal de 85 gpm y una presión de 9.44 psi En la primera y segunda planta se categorizó con el mismo riesgo, siendo así, los cálculos y el área de diseño los mismos.

### 6.2.3.5. Cálculos para la primera planta.

**Tipo de riesgo:**

Riesgo leve.

**Área de diseño  $A_d$ :**  $140m^2$

**Densidad de diseño:**  $0.10 \text{ gpm}/ft^2$

**Área de cobertura de los rociadores  $A_c$ :**

$$S * L = 13.12ft^2 * 13.12ft^2 = 172.13ft^2$$

**Número de rociadores en el área de diseño.  $A_d/A_c$ :**

$$A_d/A_c = 1506.95ft^2/172.13ft^2 = 9$$

**Requerimientos para el rociador más alejado**

Caudal del rociador= Densidad de diseño \*  $A_c$

$$A_c = 0.10GPM/ft^2 * 172.13ft^2 = 17.21GPM$$

**Presión del rociador:**

$$(Q_r/K)^2 = \left( \frac{17.21gpm}{5.6 \frac{gpm}{\sqrt{psi}}} \right)^2 = 9.44psi$$

**Caudal del sistema:**

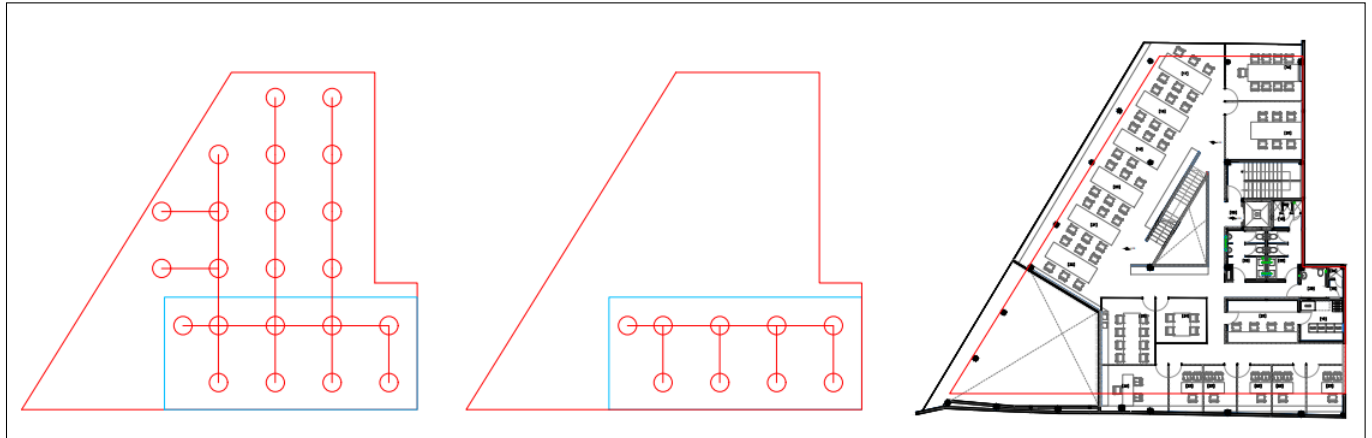
*Densidad dediseño \*  $A_c$  \* número de rociadores*

$$9.44 * 9 = 85gpm$$

El resultado de los cálculos nos indica que, para el área de diseño, es decir para lo que vamos a necesitar, se requieren 9 rociadores.

**Figura 35**

*Área de diseño para la primera planta.*



En la figura 32 se observa el área de diseño para los rociadores de la primera planta dando los mismos resultados que la planta baja, 85 gpm en su caudal y 9.44 psi de presión para el rociador más alejado.

#### 6.2.3.6. Cálculos para la segunda planta planta

**Tipo de riesgo:**

Riesgo leve

**Área de diseño  $A_d$ :** 140m<sup>2</sup>

**Densidad de diseño:** 0.10 gpm/ft<sup>2</sup>

**Área de cobertura de los rociadores  $A_c$ :**

$$S * L = 13.12ft^2 * 13.12ft^2 = 172.13ft^2$$

**Número de rociadores en el área de diseño  $A_d/A_c$ :**

$$A_d/A_c = 1506.95ft^2/172.13ft^2 = 9$$

**Requerimientos para el rociador más alejado**

Caudal del rociador= Densidad de diseño \*  $A_c$

$$A_c = 0.10GPM/ft^2 * 172.13ft^2 = 17.21GPM$$

**Presión del rociador:**

$$(Q_r/K)^2 = \left(\frac{17.21\text{gpm}}{5.6\frac{\text{gpm}}{\sqrt{\text{psi}}}}\right)^2 = 9.44\text{psi}$$

**Caudal del sistema:**

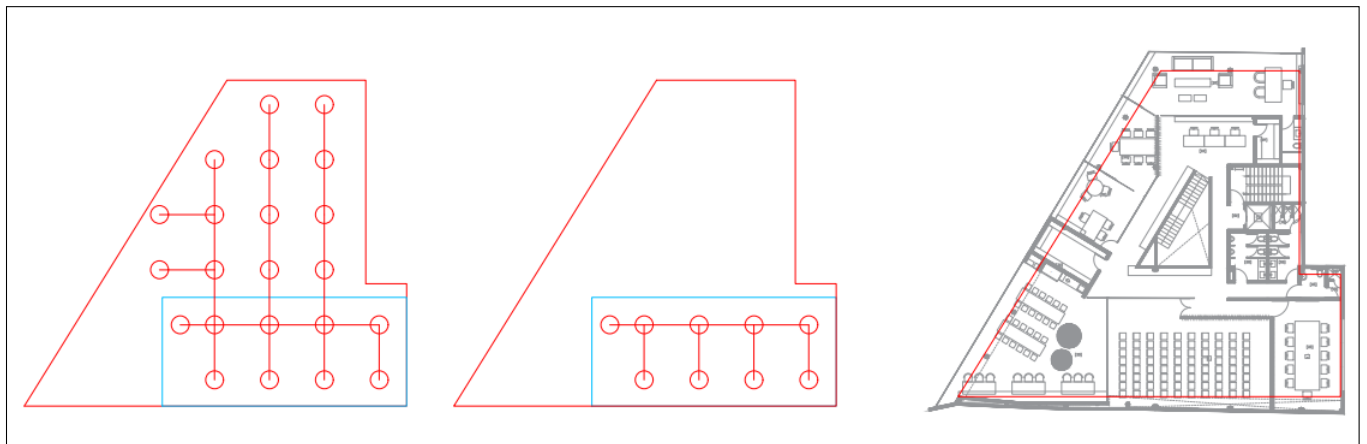
*Densidad dediseño \*Ac \* número de rociadores*

$$9.44 * 9 = 85\text{gpm}$$

El resultado de los cálculos nos indica que, para el área de diseño, es decir para lo que vamos a necesitar, se requieren 9 rociadores.

**Figura 36**

*Área de diseño para la segunda planta.*



Finalmente, en los cálculos de los rociadores para la segunda planta se obtuvo como resultado un caudal de 85 gpm y una presión de 9.44 psi.

Se realiza un bosquejo de la ubicación de los rociadores.

### Figura 37

*Ubicación de los rociadores.*



Luego de haber seleccionado la ubicación de los rociadores se realiza la distribución de los

mismos.

### Figura 38

*Ubicación de los rociadores.*





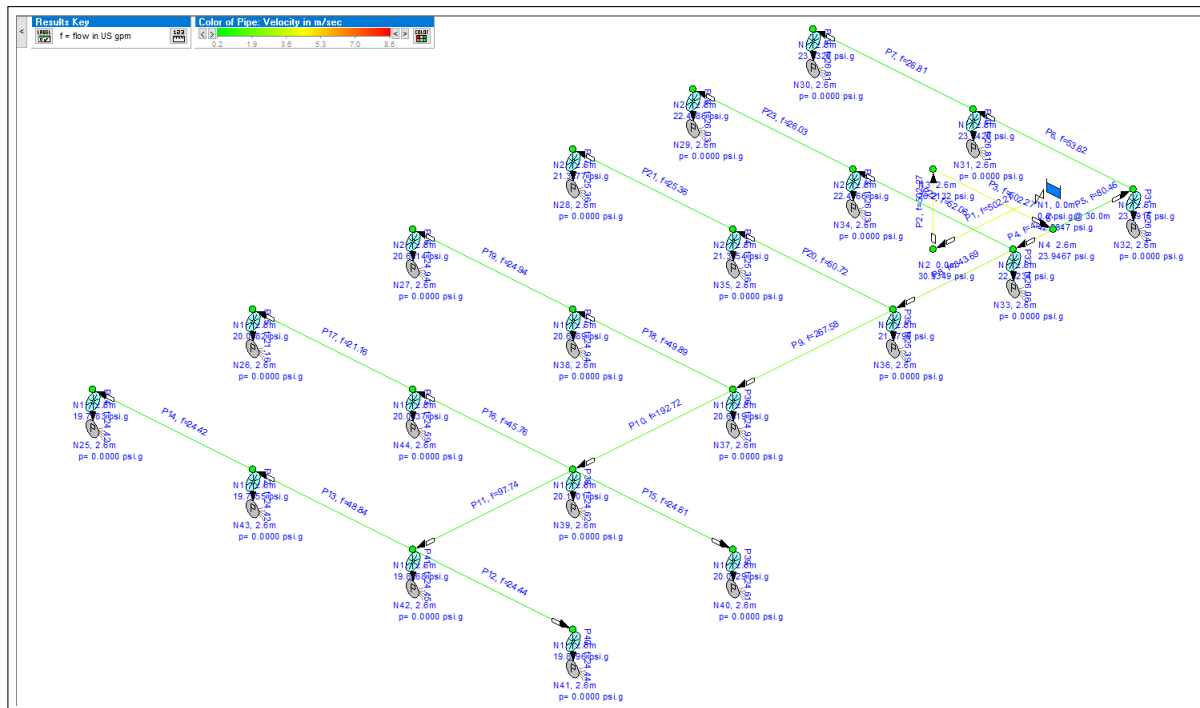
## 6.2.4. Simulaciones en el software Pipe Flow

En esta sección se realizó las simulaciones respectivas para cada planta tomando en cuenta los valores y áreas de diseño calculadas, cabe destacar también que las simulaciones están realizadas para la situación más desfavorable.

### 6.2.4.1. Simulación para el subsuelo

Figura 39

*Simulación de rociadores en el subsuelo.*



Los resultados de la simulación para llegar a la presión de 21.24 psi fueron los siguientes:

**Tabla 4**

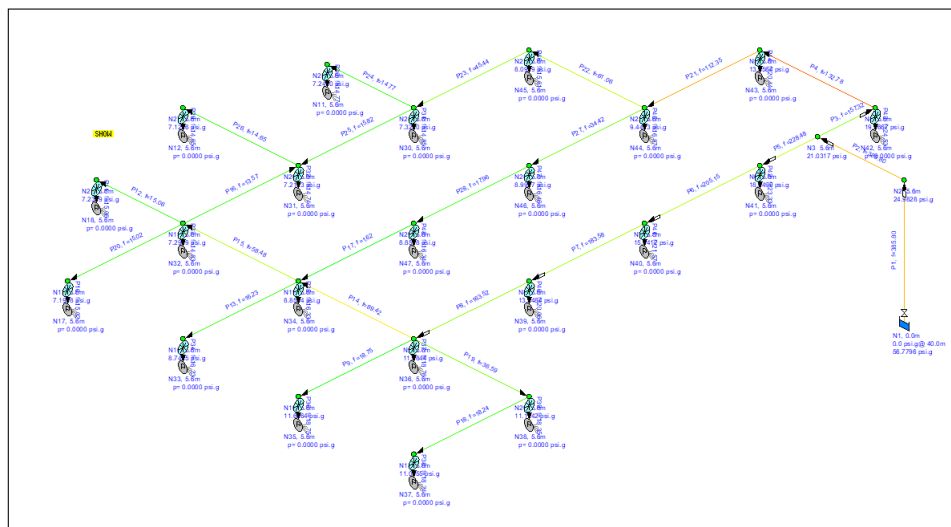
*Datos de la simulación Subsuelo*

Parámetros	Datos obtenidos
Caudal necesario para llegar a la presión calculada	502.27 gpm
Diámetro de tubería principal	4"
Diámetro de los ramales	3 1/2"
Presión alcanzada en el rociador más alejado	19.81 psi

**6.2.4.2. Simulación para la planta baja**

**Figura 40**

*Simulación de rociadores en la planta baja.*



**Tabla 5**

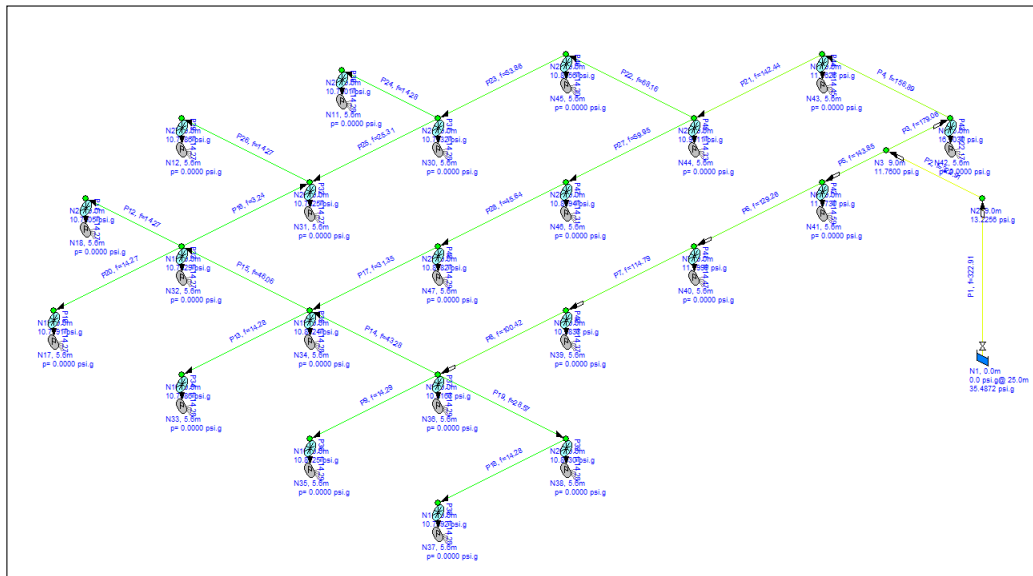
*Datos de la simulación de la planta baja*

Parámetros	Datos obtenidos
Caudal necesario para llegar a la presión calculada	395.16 gpm
Diámetro de tubería principal	3 1/2"
Diámetro de los ramales	3"
Presión alcanzada en el rociador más alejado	10.53 psi

### 6.2.4.3. Simulación para la primera planta

**Figura 41**

*Simulación de rociadores en la primera planta.*



**Tabla 6**

*Datos de la simulación de la primera planta.*

Parámetros	Datos obtenidos
Caudal necesario para llegar a la presión calculada	322.91 gpm
Diámetro de tubería principal	3 <sup>1/2</sup> "
Diámetro de los ramales	3"
Presión alcanzada en el rociador más alejado	10.79 psi

### 6.2.4.4. Simulación para la segunda planta.

Figura 42

Simulación de rociadores en la segunda planta.

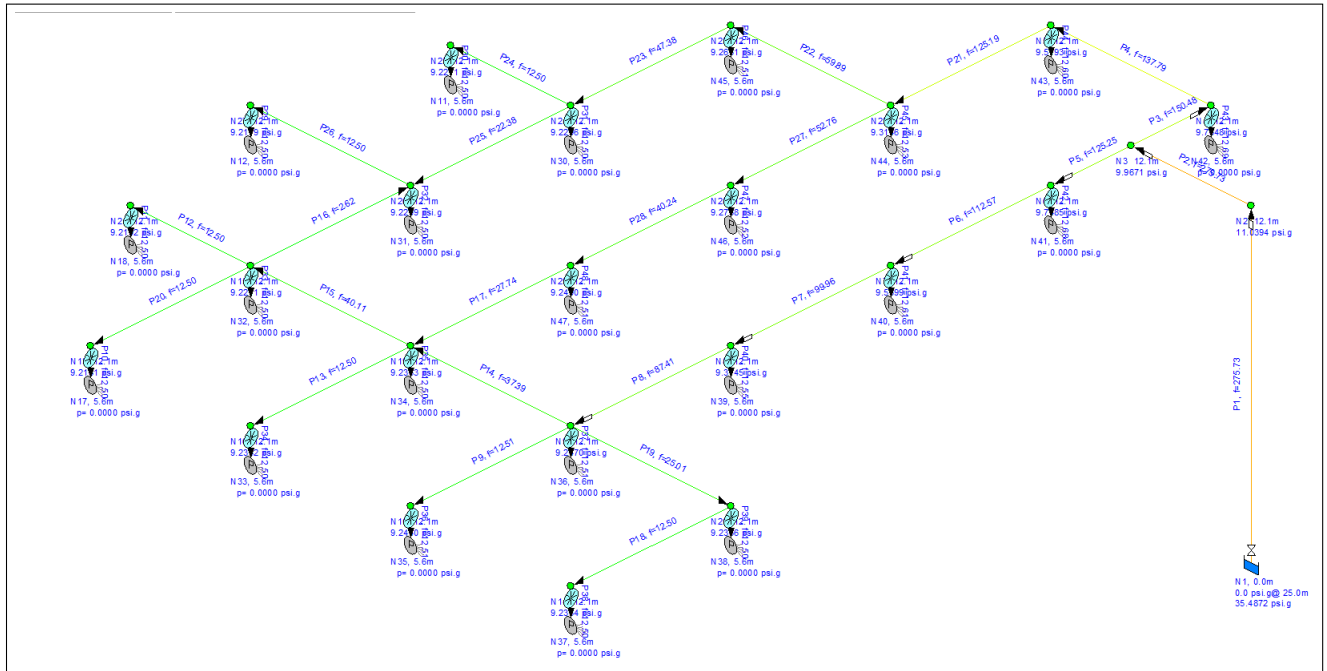


Tabla 7

Datos de la simulación de la segunda planta

Parámetros	Datos obtenidos
Caudal necesario para llegar a la presión calculada	322.91 gpm
Diámetro de tubería principal	3 <sup>1/2</sup> "
Diámetro de los ramales	3"
Presión alcanzada en el rociador más alejado	9.23 psi

Como se categorizó el riesgo de acuerdo a la ocupación que existe en cada planta podemos observar que en la planta baja, primera y segunda planta los valores son similares, ya que estas plantas se les categorizó como riesgo leve por ser zonas administrativas. A continuación, se sumarán las demandas de cada planta, ya que se ha realizado un análisis por separado y necesitamos saber el caudal total de todo el sistema.

**Tabla 8**

*Caudal total del sistema*

<b>Caudal subsuelo</b>	502.27 gpm
<b>Caudal planta baja</b>	395.16 gpm
<b>Caudal primera planta</b>	322.91 gpm
<b>Caudal segunda planta</b>	322.91 gpm
<b>Caudal total:</b>	1543.25 gpm

El valor calculado para la demanda de 1543.25 gpm se encuentra muy cercano a los valores normalizados de capacidad de las bombas que oscilan entre 1500 y 1750 gpm. Dado que está relativamente cercano al valor de 1500 gpm, se decide utilizar este último. En caso de que esta capacidad no sea suficiente para satisfacer los requerimientos, se optará por utilizar el valor de 1750 gpm. Se necesita una bomba con las características: Presión total del sistema: 49.56 En la figura podemos observar la bomba que necesitamos para nuestro sistema, además de la bomba jockey y el volumen de la cisterna.

**Figura 43**

*Bomba principal, jockey y volumen de la cisterna.*

CALCULO DE LA BOMBA PRINCIPAL				
ALTURA ESTÁTICA	7.8	MCA		
ALTURA DINÁMICA	30.00	MCA		
PRESIÓN DEL SISTEMA	49.56	MCA	70.8	
POTENCIA DE BOMBA	80	HP		
CAUDAL DEL SISTEMA	92.58	lt/s		
RENDIMIENTO	75	%	η= 75% al 90%	
CALCULO DE LA BOMBA JOCKEY				
PRESIÓN DE LA BOMBA	54.52	MCA	77.88	
POTENCIA DE BOMBA	11	HP		
CAUDAL	9.258	lt/s		
RENDIMIENTO	60	%	η= 60% al 70%	
CALCULO DE VOLUMEN DE CISTERNA				
Caudal sistema	0.0973639	m3/s		
tiempo de respuesta	90	min		
Volumen	525.76506	m3		

$$\text{Potencia Bomba} = \frac{Q_s * P_s}{76 * \eta}$$

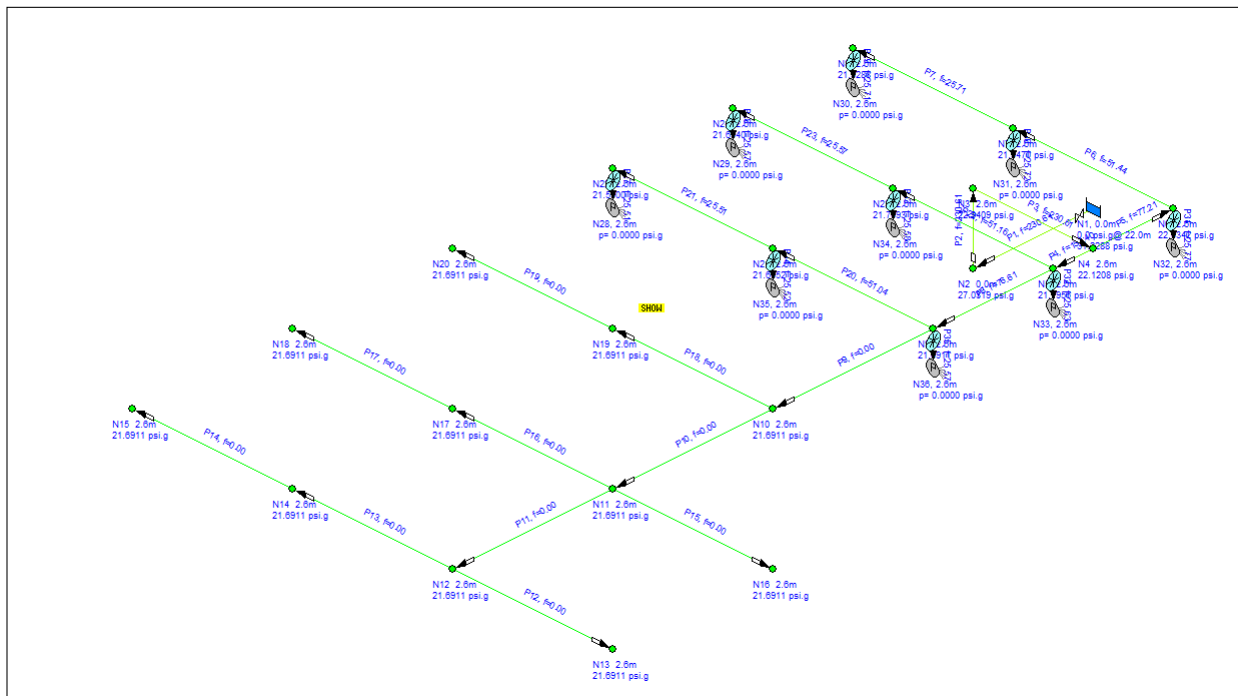
Cabe recalcar que los datos de la simulación realizados en esta sección están hechos basándonos en la situación más desfavorable de la edificación, es decir, cuando todos los gabinetes y rociadores están activados.

## 6.2.5. Simulaciones en el software Pipe Flow de los rociadores en el área de diseño.

### 6.2.5.1. Simulación en el subsuelo según NFPA.

Figura 44

*Simulación rociadores, subsuelo con la NFPA.*



**Tabla 9**

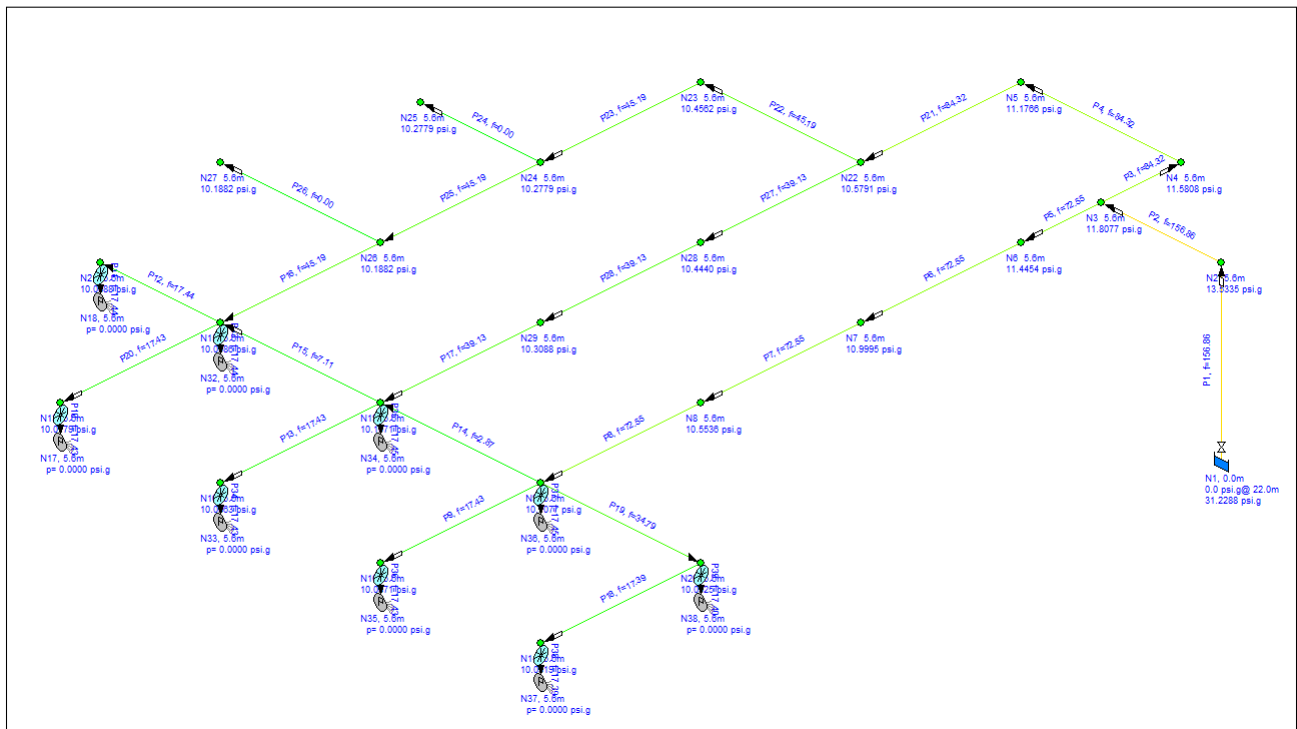
*Datos de la simulación del subsuelo según la NFPA*

Parámetros	Datos obtenidos
Caudal necesario para llegar a la presión calculada	230.61 gpm
Diámetro de tubería principal	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "
Diámetro de los ramales	3"
Presión alcanzada en el rociador más alejado	21.50 psi

**6.2.5.2. Simulación en la planta baja según la NFPA.**

**Figura 45**

*Simulación rociadores, planta baja con la NFPA.*



**Tabla 10**

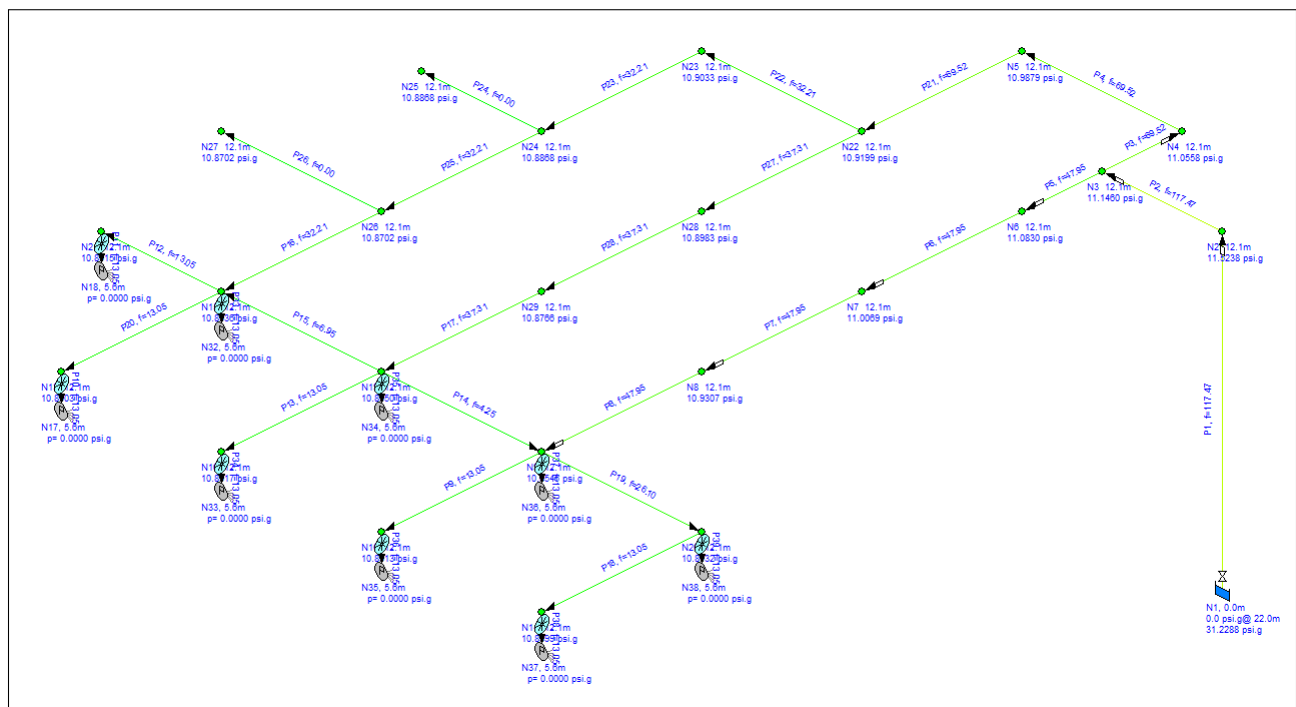
*Datos de la simulación de la planta baja según la NFPA*

Parámetros	Datos obtenidos
Caudal necesario para llegar a la presión calculada	156.86 gpm
Diámetro de tubería principal	3"
Diámetro de los ramales	2 <sup>P1/2</sup> "
Presión alcanzada en el rociador más alejado	10.07 psi

**6.2.5.3. Simulación en la primera planta según NFPA.**

**Figura 46**

*Simulación rociadores, primera planta con la NFPA.*





**Tabla 11**

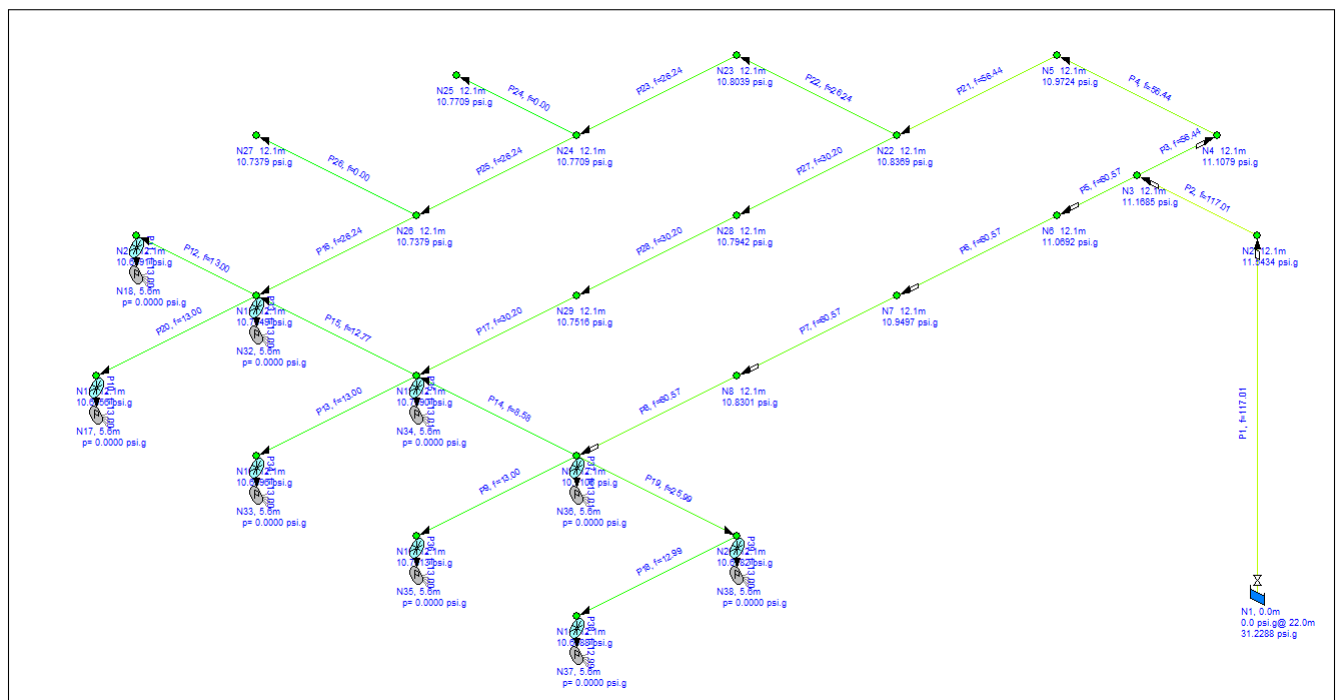
*Datos de la simulación de la primera planta según la NFPA.*

Parámetros	Datos obtenidos
Caudal necesario para llegar a la presión calculada	117.47 gpm
Diámetro de tubería principal	3"
Diámetro de los ramales	2 <sup>1/2</sup> "
Presión alcanzada en el rociador más alejado	10.96 psi

**6.2.5.4. Simulación en la segunda planta según NFPA.**

**Figura 47**

*Simulación rociadores, segunda planta con la NFPA.*



**Tabla 12**

*Datos de la simulación de la segunda planta según la NFPA*

<b>Parámetros</b>	<b>Datos obtenidos</b>
Caudal necesario para llegar a la presión calculada	117.01 gpm
Diámetro de tubería principal	3"
Diámetro de los ramales	2 <sup>1/2</sup> "
Presión alcanzada en el rociador más alejado	10.69 psi

Como podemos observar cuando se realiza el cálculo y simulación, como indica la norma se reducen los caudales, ya que es muy poco probable que un incendio empiece en varias zonas o plantas, en este caso, al mismo tiempo. Presión total del sistema: 49.56 psi En la figura podemos observar la bomba que necesitamos para nuestro sistema, además de la bomba jockey y el volumen de la cisterna.

**Figura 48**

*Bomba principal, jockey y volumen de la cisterna calculado con base a la NFPA.*

<b>CALCULO DE LA BOMBA PRINCIPAL</b>			
ALTURA ESTATICA	7.8	MCA	
ALTURA DINAMICA	30.00	MCA	
PRESIÓN DEL SISTEMA	49.56	MCA	70.8
<b>POTENCIA DE BOMBA</b>			
	11	HP	
CAUDAL DEL SISTEMA	12.9	lt/s	
RENDIMIENTO	75	%	η= 75% al 90%
<b>CALCULO DE LA BOMBA JOCKEY</b>			
PRESIÓN DE LA BOMBA	54.52	MCA	77.88
POTENCIA DE BOMBA	2	HP	
CAUDAL	1.29	lt/s	
RENDIMIENTO	60	%	η= 60% al 70%
<b>CALCULO DE VOLUMEN DE CISTERNA</b>			
Caudal sistema	0.01356	m3/s	
tiempo de respuesta	60	min	
Volumen	48.816	m3	

Se procedió a calcular el caudal total del sistema con las nuevas condiciones.

**Tabla 13**

*Caudal total del sistema*

<b>Caudal subsuelo</b>	230.61 gpm
<b>Caudal planta baja</b>	156.86 gpm
<b>Caudal primera planta</b>	117.47 gpm
<b>Caudal segunda planta</b>	117.47 gpm
<b>Caudal total:</b>	622.41 gpm

Realizaremos una tabla comparativa entre la condición más desfavorable y el sistema en una condición más real.

**Tabla 14**

*Caudal total del sistema*

<b>Condición</b>	Desfavorable	Real
<b>Caudal subsuelo</b>	502.27 gpm	230.61 gpm
<b>Caudal planta baja</b>	395.16 gpm	230.61 gpm
<b>Caudal primera planta</b>	322.91 gpm	230.61 gpm
<b>Caudal segunda planta</b>	322.91 gpm	230.61 gpm
<b>Caudal total:</b>	1543.25 gpm	622.41 gpm

Podemos deducir que hay una gran diferencia en los caudales, ya que la presión sigue siendo la misma, esto representa un gasto significativo a la hora de realizar el montaje y compra de los equipos de bombeo.

### **6.2.6. Perdidas del sistema**

Las perdidas nos dan el software, ya que este tiene integrado las fórmulas y nos ahorra mucho tiempo.

**Tabla 15***Perdida total del sistema*

<b>Perdidas del sistema</b>	[psi]
<b>Gabinetes</b>	14.62
<b>Subsuelo</b>	9.93
<b>Planta baja</b>	44.01
<b>Primera planta</b>	44.01
<b>Segunda planta</b>	44.01
<b>Perdida total:</b>	156.58

**6.2.7. Selección de materiales**

El material de la tubería es indispensable en el diseño contra incendios, ya que este debe estar bajo la norma, en la siguiente tabla se muestra algunos materiales de tuberías, en este caso se seleccionó la tubería de hierro galvanizado cédula 40 para todo el sistema, ya que está dentro de la normativa NFPA.

**Figura 49***Materiales de tuberías.*

<b>Material</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Hierro Negro	Costo moderado Disponibile en varios tamaños	Instalación de gasto considerable Se oxida Aspereza interior ocasiona caída de presión
Hierro Galvanizado	Materiales de costo moderado Disponibile en varios tamaños En ocasiones anticorrosivo	Instalación de gasto considerable Se oxida en las uniones Aspereza interior ocasiona sedimentación y caída de presión Sólo la superficie externa suele estar protegida
Cobre	No se oxidan Uniformidad de la superficie interior Reduce la caída de la presión	Susceptible a ciclos térmicos Su instalación exige uso de soplete
Acero	No se oxidan Uniformidad de la superficie interior reduce la caída de la presión	Instalación de gasto considerable Material costoso

Para tuberías horizontales aéreas se usarán soportes metálicos de 1"x1/8" sujetas con varillas de 1/2" empernadas a la estructura, con una separación máxima de 2 m. Las tuberías

verticales deben fijarse en la estructura de la edificación cada 2,5 m. por medio de abrazaderas metálicas tipo U con diámetro  $d=1/4''$ , aseguradas a un ángulo metálico de  $2'' \times 1/4''$ .

### **6.2.8. Análisis técnico financiero utilizando la metodología de precios unitarios**

Esta sección busca aportar un panorama general respecto a la inversión total, asociada con el sistema contra incendios diseñado para la edificación financiera, Si bien el presente trabajo de grado solo cuenta con la etapa de diseño de la red, se tiene en cuenta los costos correspondientes a la fabricación de la misma para dar un criterio de toma de decisiones, si en un futuro los representantes de la entidad deciden llevar a cabo su implementación. Cabe notar que los costos presentados a continuación son a la fecha de publicación de este proyecto, están sujetos a variar en el tiempo.

### 6.2.8.1. Precios unitarios del sistema de bombeo

Figura 50

Precios unitarios del sistema de bombeo.

PROYECTO: Sistema conta incendios					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
<b>NOMBRE DEL OFERENTE:</b>		Zhunio Medina			
<b>PROYECTO:</b>		Cabina de pintura electrostatica			
<b>ITEM:</b>		1			
<b>DESCRIPCION:</b>		Sistema de bombeo			
<b>UNIDAD:</b>		u			
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	TARIFA HORA B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Herramienta menor		3%MO			66.68
Ranuradora		1	30.00	20	600.00
Roscadora		1	5.00	8	40.00
Grua de elevacion		1	5.00	4	20.00
				<b>PARCIAL M</b>	706.68
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD A	PRECI/U	COSTO TOTAL C=A*B
Equipo de bombeo		GPM	1.00	7800	7800.00
Valcula supervisora de 3 1/2" UL/FM		UNIDAD	2.00	189	378.00
Válvula check o de retención de 3 1/2" UL/FM		UNIDAD	2.00	109.57	219.14
Sensor de flujo de 2" UL/FM		UNIDAD	2.00	168	336.00
Válvuladedrenajede3/4" UL/FM		UNIDAD	2.00	54	108.00
Válvula de alivio de 3 1/2" UL/FM		UNIDAD	2.00	94	188.00
					0.00
					0.00
					0.00
					0.00
				<b>PARCIAL N</b>	9029.14
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA/U B	DISTANCIA C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Camion Gye- Cue - Motor	u	1	50.00	1	50.00
					0.00
				<b>PARCIAL O</b>	50.00
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	S.R.H. B	RENDIMIENTO HORAS/U	COSTO TOTAL D=A*B*C
Instalación de Equipo de Bombeo, incluye bomba jockey, tableros, tuberías de succión, descarga, retorno, líneas sensoras y tanque de combustible.		1	5.50	300	1650.00
Ingeniero Mecanico		1	3.58	160	572.80
					0.00
				<b>PARCIAL P</b>	2222.80
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)</b>					<b>12008.62</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDAD</b>				18.00%	2161.55
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>14170.18</b>

6.2.8.2. Precios unitarios del sistema de tuberías de 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>".

Figura 51

Precios unitarios del sistema de tuberías de 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>"

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
<b>NOMBRE DEL OFERENTE:</b>					
<b>PROYECTO:</b> .....					
<b>ITEM:</b> 2					
<b>DESCRIPCION:</b> <i>Sistemas de tuberías 3 1/2"</i>					
<b>UNIDAD:</b> u					
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	TARIFA HORA B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Herramienta menor (Taladro, brocas, llaves de boca, dados,etc)		3%MO			8.28
				PARCIAL M	8.28
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD A	PRECI/U	COSTO TOTAL C=A*B
TUBERÍA Y ACCESORIOS DE 3 1/2"					0.00
					0.00
Tubería de 3 1/2" cédula 40		ML	72.00	22	1584.00
Tee de 3 1/2" ranurada		U	12.00	9.5	114.00
Codo en 90 grados de 3 1/2" ranurado		U	4.00	5.4	21.60
Acople ranurado de 3 1/2"		U	44.00	9.5	418.00
					0.00
					0.00
					0.00
				PARCIAL N	2137.60
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA/U B	DISTANCIA C	COSTO TOTAL D=A*B*C
					0.00
				PARCIAL O	0.00
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	S.R.H. B	RENDIMIENTO HORAS/U	COSTO TOTAL D=A*B*C
Instalación de tubería de 3 1/2" cedula 40; incluye accesorios		32.7	4.22	2	275.99
					0.00
					0.00
				PARCIAL P	275.99
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)</b>					<b>2421.87</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDAD</b>				20.00%	<b>484.37</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>2906.24</b>

### 6.2.8.3. Precios unitarios del sistema de tuberías de 3”.

Figura 52

*Precios unitarios del sistema de tuberías de 3”*

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
<b>NOMBRE DEL OFERENTE:</b>					
<b>PROYECTO:</b> .....					
<b>ITEM:</b> 3					
<b>DESCRIPCIÓN:</b> Sistema de tuberías 3 "					
<b>UNIDAD:</b>					
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					
DESCRIPCIÓN		CANTIDAD A	TARIFA HORA B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Herramienta menor (Taladro, brocas, llaves de boca, dados, etc)		3%MO			8.20
				PARCIAL M	8.20
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD A	PRECI/U	COSTO TOTAL C=A*B
TUBERÍA Y ACCESORIOS DE 3"					0.00
					0.00
Tubería de 3" cédula 40		ML	196.00	5.3	1038.80
Tee de 3" ranurada		U	12.00	8.5	
Codo en 90 grados de 3" ranurado		U	8.00	6	
Acople ranurado de 3"		U	52.00	4.5	
				PARCIAL N	1038.80
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA/U B	DISTANCIA C	COSTO TOTAL D=A*B*C
					0.00
				PARCIAL O	0.00
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN		CANTIDAD A	S.R.H. B	RENDIMIENTO HORAS/U	COSTO TOTAL D=A*B*C
Instalación de tubería de 3 1/2" cedula 40; incluye accesorios		32.4	4.22	2	273.46
					0.00
					0.00
				PARCIAL P	273.46
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)</b>					<b>1320.46</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDAD</b>				20.00%	264.09
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>1584.55</b>



#### 6.2.8.4. Precios unitarios del sistema de tuberías de 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>".

Figura 53

Precios unitarios del sistema de tuberías de 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>"

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
<b>NOMBRE DEL OFERENTE:</b>					
<b>PROYECTO:</b> .....					
<b>ITEM:</b> 4					
<b>DESCRIPCION:</b> Sistema de tuberías de 2 1/2"					
<b>UNIDAD:</b> u					
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	TARIFA HORA B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Herramienta menor (Taladro, brocas, llaves de boca, dados,etc)		3%MO			49.63
				PARCIAL M	49.63
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD A	PRECI/U	COSTO TOTAL C=A*B
TUBERÍA Y ACCESORIOS DE 2 1/2"					0.00
Tubería de 2 1/2" cédula 40		ml	196.00	10	1960.00
Tee de 2 1/2"ranurada		u	12.00	8	96.00
Codo en 90 grados de 2 1/2"		u	8.00	5	
Acople ranurado de 2 1/2"		u	4.50	4	
				PARCIAL N	2056.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA/U B	DISTANCIA C	COSTO TOTAL D=A*B*C
	u				0.00
				PARCIAL O	0.00
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	S.R.H. B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Instalación de tubería de 2 1/2" cedula 40; incluye accesorios		196	4.22	2	1654.24
					0.00
				PARCIAL P	1654.24
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)</b>					<b>3759.87</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDAD</b>				20.00%	<b>751.97</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>4511.84</b>

### 6.2.8.5. Precios unitarios del sistema de extinción de fuego.

Figura 54

*Precios unitarios del sistema de extinción de fuego*

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
<b>NOMBRE DEL OFERENTE:</b>					
PROYECTO: .....					
ITEM: <b>5</b>					
DESCRIPCION: <b>Sistema de extinción de fuego</b>					
UNIDAD: <b>u</b>					
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	TARIFA HORA B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C
		3%MO			11.27
				PARCIAL M	11.27
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECI/U		COSTO TOTAL C=A*B
Gabinetes contra incendios	U	4.00	1804		7216.00
Rociadores automatizados Factor k 5.6	U	85.00	15		1275.00
					0.00
				PARCIAL N	8491.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA/U B	DISTANCIA C	COSTO TOTAL D=A*B*C
					0.00
				PARCIAL O	0.00
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION		CANTIDAD A	S.R.H. B	RENDIMIENTO HORAS/U C	COSTO TOTAL D=A*B*C
Instalación rociador K 5,6 de 1/2" colgante		85	4.22	1	358.70
Instalación de gabinete contra incendios; incluye válvulas angulares, cajetín, mangueras, pitón y niple		4	4.22	1	16.88
					0.00
				PARCIAL P	375.58
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS X = (M+N+O+P)</b>					<b>8877.85</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDAD</b>				20.00%	1775.57
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>10653.42</b>

### 6.2.8.6. Precios totales del proyecto.

Figura 55

*Precios totales del proyecto.*

<b>ANÁLISIS DE COSTOS TOTALES</b>					
<b>PROYECTO: Sistema contra incendios</b> <b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
Fecha:					
N°	Descripción	Unid.	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	Sistema de bombeo	u	1	14170.18	14170.18
2	Sistemas de tuberías 3 1/2"	u	1	2906.24	2906.24
3	TUBERÍA Y ACCESORIOS DE 3"	u	1	1584.55	1584.55
4	TUBERÍA Y ACCESORIOS DE 2 1/2"	u	1	4511.84	4511.84
5	Gabinetes contra incendios	u	1	10653.42	10653.42
6				<b>TOTAL</b>	<b>33826.23</b>

## 7. Resultados

### 7.1. Condiciones iniciales para el diseño de un sistema contra incendios

Se establecieron las condiciones iniciales para el diseño del sistema contra incendios, eligiendo el tipo de edificación, la clase gabinete (BIE) que se va a colocar, la aglomeración de personas y ocupación para cada planta de la edificación, cabe mencionar también que se realizará un análisis por cada planta de la misma basándose en la normativa.

### 7.2. Diseño de un sistema contra incendios

Una vez comprobado que cumple con la normativa, en primer lugar se realizó el análisis para los gabinetes, una vez elegido el gabinete clase II se realizó la simulación en el software Pipe Flow, dicho análisis cumplió con la normativa, 100 gpm y a una presión de 71 psi, lo que nos indica que estamos dentro de los parámetros establecidos por la norma NFPA 14, posteriormente, se calculó el área de diseño para los rociadores, el número de rociadores para el área de diseño y las presiones y caudales requeridos para cada planta de la edificación, cabe recalcar que se realizaron dos diseños, el primero que pertenece al momento más desfavorable

de la edificación, es decir, cuando todos los rociadores de todas las plantas de activas al mismo tiempo, y el otro escenario que es como nos indica la norma, es decir diseñando para el rociador más alejado y crítico dentro del área de diseño del subsuelo, que como resultado nos dio un caudal de 230.61 psi y una presión de 21.24 psi para el rociador más alejado, en la segunda planta el caudal es de 117.47 gpm y la presión de 10.96 psi, una vez finalizada la simulación con los diámetros de tuberías principal y los ramales correctos como resultados obtuvimos los caudales y presiones similares a los que calculamos analíticamente. Posteriormente se realizó el cálculo de la potencia de la bomba, con la ayuda del software Excel, que se necesita para abastecer al sistema de gabinetes y al de rociadores, dándonos así una bomba principal de 11 hp, una bomba jockey de 2 hp y como punto final calculamos el volumen de la cisterna basándonos en el tiempo de duración que debe tener hasta que los bomberos lleguen a la edificación, en caso de ocurrir un incendio, el tiempo mínimo es de una hora y el volumen de la cisterna es de  $49 m^3$ .

### **7.3. Resultados del análisis de precios unitarios**

Por último se realizó el análisis técnico financiero utilizando la metodología de precios unitarios para la implementación del sistema contra incendios, considerando los costos de los materiales, costos de construcción, costos de ingeniería y costos de cada sistema que interviene en el mismo, dando como resultado un precio total de 33.826,23 USD.

## **8. Conclusiones**

En el marco de este proyecto, se ha llevado a cabo un diseño integral y cuidadosamente planificado para implementar un sistema contra incendios en una edificación financiera en la ciudad de Cuenca. Los objetivos específicos se han abordado de manera rigurosa y meticulosa, lo que ha permitido obtener resultados significativos y relevantes en cuanto a la seguridad y protección contra incendios.

En primer lugar, se realizaron análisis de las condiciones iniciales y se consideraron los requisitos de ocupación de los diferentes recintos, cumpliendo estrictamente con la normativa nacional e internacional vigente. La utilización de software de ingeniería ha facilitado el diseño de un sistema eficiente y funcional que garantiza la protección adecuada frente a posibles escenarios de incendio.

El análisis técnico financiero ha sido una herramienta fundamental para evaluar la viabilidad económica del proyecto y ha permitido tomar decisiones informadas respecto a los recursos

necesarios para la implementación del sistema contra incendios. De esta manera, se ha asegurado una inversión certificada y eficiente que optimiza la protección de la edificación y sus ocupantes.

El resultado final es un diseño sólido y bien fundamentado que se ajusta a las particularidades de la edificación financiera en Cuenca y cumple con los requisitos específicos establecidos. El enfoque integral y la consideración de aspectos técnicos, normativos y financieros han permitido elaborar un sistema contra incendios altamente efectivo y seguro.

## **9. Recomendaciones**

Como recomendación para futuros trabajos en este campo, se sugiere realizar evaluaciones periódicas para garantizar que el sistema siga siendo funcional y eficaz a lo largo del tiempo, considerando posibles cambios normativos y adaptaciones a medida que la edificación y sus necesidades evolucionen.

También cabe recalcar que el diseño está realizado única y exclusivamente para este tipo de edificación, cualquier cambio que se haga en la infraestructura deberá ser notificada y también evaluada para el rediseño del sistema contra incendios.

Tomando en cuenta que los sistemas de protección contra incendios son diseñados para una situación de mucho riesgo pueden o no funcionar en cortos o largos periodos de tiempo, con este concepto recomendamos que se revise la norma NFPA 25 que trata directamente del mantenimiento que deben recibir esta clase de sistemas.

## Referencias

- [1] Anónimo, *Plan de mitigación contra incendios en Cali*. [Disponible en: <https://www.osso.org.co/docu/publicac/1996/planii/cap03/text01.htm>; Accedido el: 31 de octubre del 2023], 2023.
- [2] D. Andrade, D. Ortiz, y E. Ibarra, *Diseño de un plan de prevención, preparación y respuesta ante emergencias en una empresa del sector energético en la ciudad de Santiago de Cali*. Institución Universitaria Antonio José Camacho, 2021.
- [3] P. De IpiALES y J. Pineiros, *Plan Operativo Normalizado PON*, 2023.
- [4] L. Intriago, *Implementación de un Sistema de Higiene, Seguridad y Salud Ocupacional para el Personal del Instituto Ecuatoriano de Crédito Educativo y Becas (IECE), Matriz Quito*. Quito: UCE, 2012.
- [5] National Fire Protection Association, *Códigos y Estándares*. [Disponible en: <https://www.nfpa.org/Codes-and-Standards>; Accedido el: 31 de octubre del 2023], 2023.
- [6] Malvaceda, Edgar, *Rediseño del sistema contra incendio en la planta de almacenamiento de la empresa Solgas SA para reducir el nivel de riesgo operativo*. [Universidad Tecnológica del Perú/; Accedido el: 05 de noviembre del 2023], 2019.
- [7] Suarez, Luis, *Estudio y diseño de red contra incendios en el edificio principal de la Universidad Cooperativa de Colombia campus Villavicencio–Meta, comprendido en dos fases (fase de estudios preliminares abril-julio 2019; fase de diseño agosto-noviembre 2019)*. [Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería . . . /; Accedido el: 05 de noviembre del 2023], 2020.
- [8] National Fire Protection Association, *Códigos y Estándares*. [Disponible en: <https://www.nfpa.org/Codes-and-Standards>; Accedido el: 01 de noviembre del 2023], 2023.
- [9] Medina, Delgadillo, *DISEÑO DE UNA RED CONTRA INCENDIOS PARA LAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA TEXTIL RITCHI S.A.S*. [Disponible en: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7903/1/4142857-2020-1-IM.pdf>; Accedido el: 01 de noviembre del 2023], 2020.
- [10] Ingenium, *¿Qué son las edificaciones? Principales tipos*. [Disponible en: <https://ingenium.edu.pe/blog/construccion/que-son-las-edificaciones/>; Accedido el: 01 de noviembre del 2023], 2023.

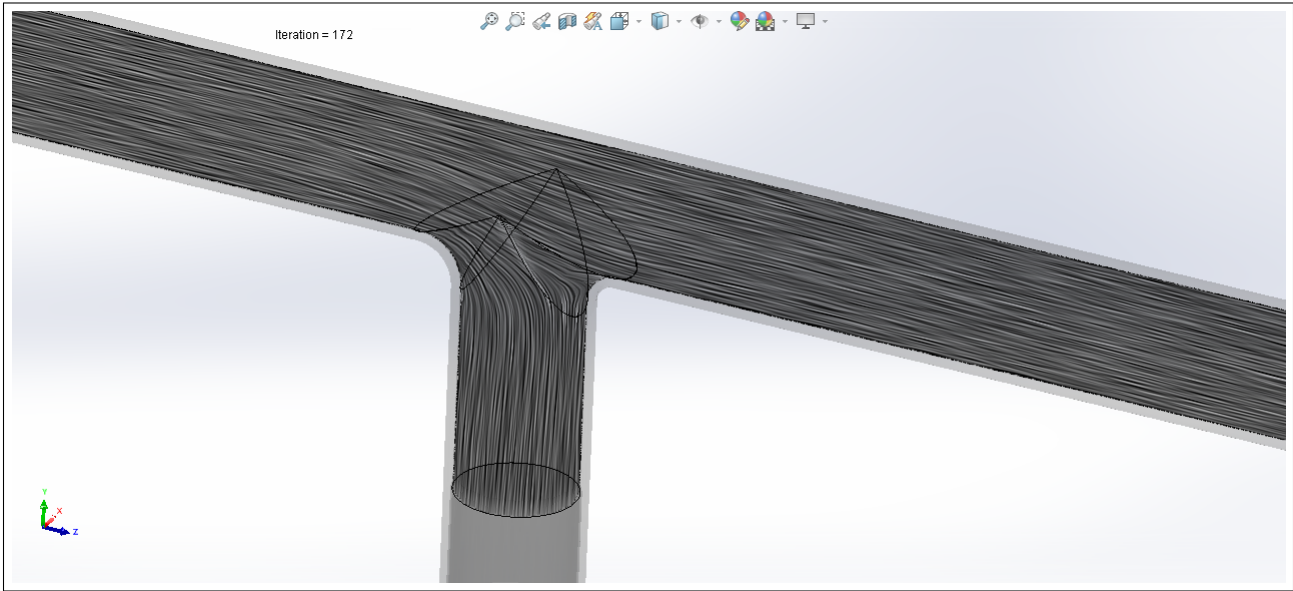
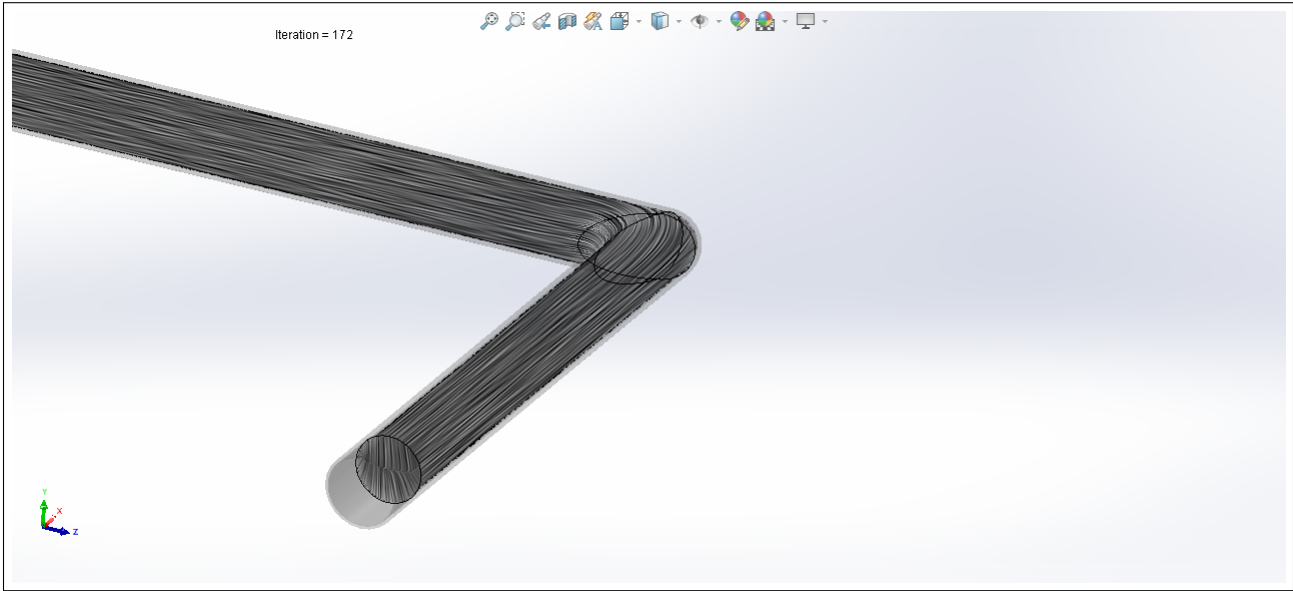
- [11] Arkiplus. (2023) Tipos de edificios. Arkiplus. [En Línea]. Disponible en: <https://www.arkiplus.com/tipos-de-edificios>
- [12] Concepto. (2023) Centro comercial. Enciclopedia concepto. [En Línea]. Disponible en: <https://concepto.de/centro-comercial/>
- [13] E. Dinamicas. (2023) Innovación en la construcción de naves industriales. Edificaciones Dinamicas. [En Línea]. Disponible en: <https://edificacionesdinamicas.com/innovacion-en-la-construccion-de-naves/>
- [14] IDESTRA. (2023) Edificaciones institucionales. IDESTRA. [En Línea]. Disponible en: <https://idestra.net/edificaciones-institucionales/>.
- [15] Project. (2023) Edificaciones deportivas. Project. [En Línea]. Disponible en: <https://www.gl-events-projectdesigner.com/es/estadios-polideportivos-y-ciudades-deportivas/otras-edificaciones-deportivas>
- [16] ALHERSEM. (2023) ¿cómo funciona un sistema contra incendios? ALHERSEM, Soluciones de Ingeniería. [En Línea]. Disponible en: <https://alhersem.com/blog/como-funciona-un-sistema-contra-incendios/>
- [17] NFPA, *Fire Code 1*. International Association of Fire Chiefs: IAFC, 2024. [En Línea]. Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/1/1?l=65>
- [18] —, *NFPA 13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems*. National Fire Protection Association (NFPA), 2019. [En Línea]. Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/1/3/13?l=74>
- [19] —, *NFPA 72, Código nacional de alarmas de incendio y señalización*. National Fire Protection Association (NFPA), 2022. [En Línea]. Disponible en: <https://www.nfpa.org/es/product/nfpa-72-code/p0072code?l=60>
- [20] —, *NFPA 101, Código de seguridad humana*. National Fire Protection Association (NFPA), 2023. [En Línea]. Disponible en: <https://www.nfpa.org/es/product/nfpa-101-code/p0101code?l=45>
- [21] —, *NFPA 10 Standard for portable fire extinguishers*. National Fire Protection Association (NFPA), 2022. [En Línea]. Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/1/0/1/10?l=62>

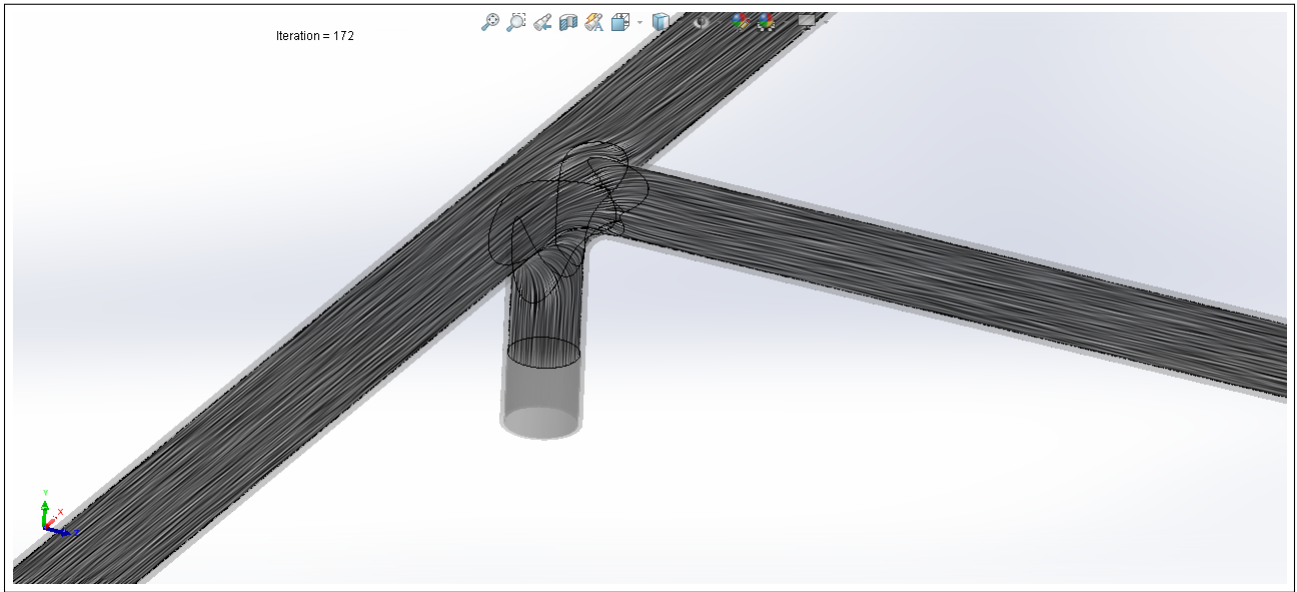
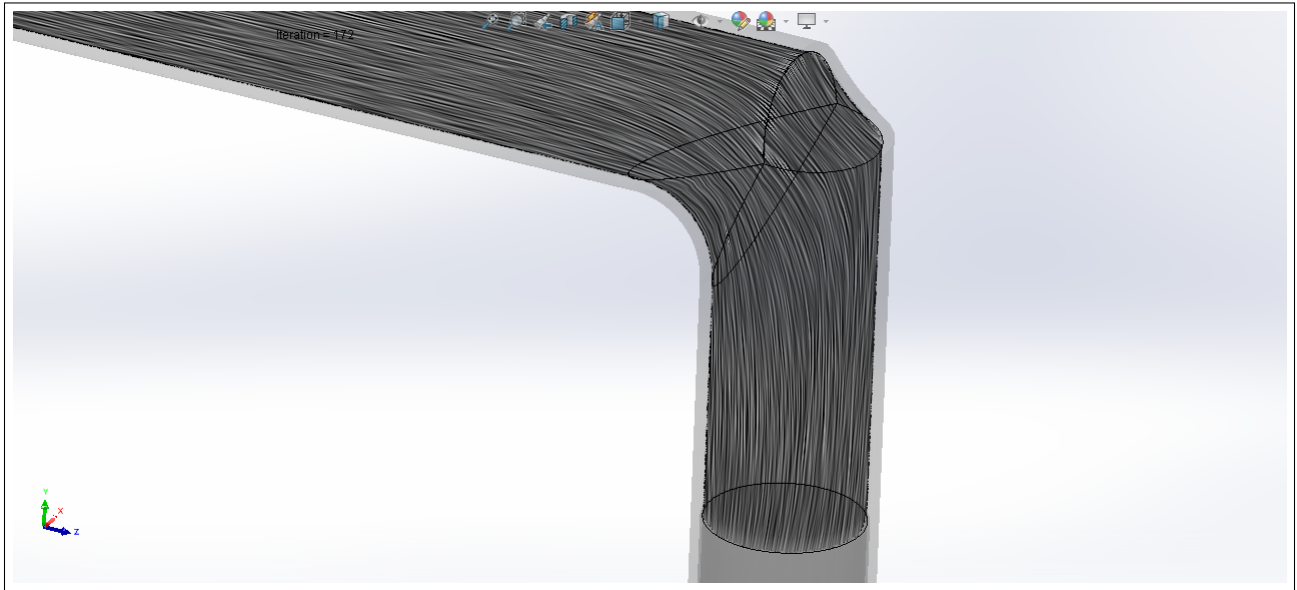
- [22] —, *NFPA 14 Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems*. National Fire Protection Association (NFPA), 2022. [En Línea]. Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/1/4/14>
- [23] —, *NFPA 15 Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection*. National Fire Protection Association (NFPA), 2022. [En Línea]. Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/1/5/15?l=31>
- [24] —, *NFPA 20 Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection*. National Fire Protection Association (NFPA), 2022. [En Línea]. Disponible en: <https://www.nfpa.org/product/nfpa-20-standard/p0020code?l=70>
- [25] —, *NFPA 24 Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances*. National Fire Protection Association (NFPA), 2022. [En Línea]. Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/2/4/24?l=38>
- [26] —, *NFPA 88A Standard for Parking Structures*. National Fire Protection Association (NFPA), 2023. [En Línea]. Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/8/8/a/88a?l=56>
- [27] MIDUVI, *NEC - HS - CI*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), 2023. [En Línea]. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-HS-CI-Contra-Incendios.pdf>
- [28] B. O'Connor. (2022) Tipos de rociadores. NFPA. [En Línea]. Disponible en: <https://www.nfpa.org/es/news-blogs-and-articles/blogs/2022/02/18/tipos-de-rociadores>
- [29] S. INTERTIONAL. (2022) Bombas contra incendio. SOMPO INTERNATIONAL INSURANCE. [En Línea]. Disponible en: [https://www.sompo.mx/servicios/docsRiskControl/Bombas\\_Contra\\_Incendio.pdf](https://www.sompo.mx/servicios/docsRiskControl/Bombas_Contra_Incendio.pdf)
- [30] ZENSITEC. (2022) Supresión por gas. Especialistas en sistemas contra incendios. [En Línea]. Disponible en: <https://zensitec.com/sistemas-contra-incendios/extincion-por-gases/novec-1230>
- [31] INTERPRO. (2022) Analisis de precios unitarios. INTERPRO. [En Línea]. Disponible en: <https://zensitec.com/sistemas-contra-incendios/extincion-por-gases/novec-1230>

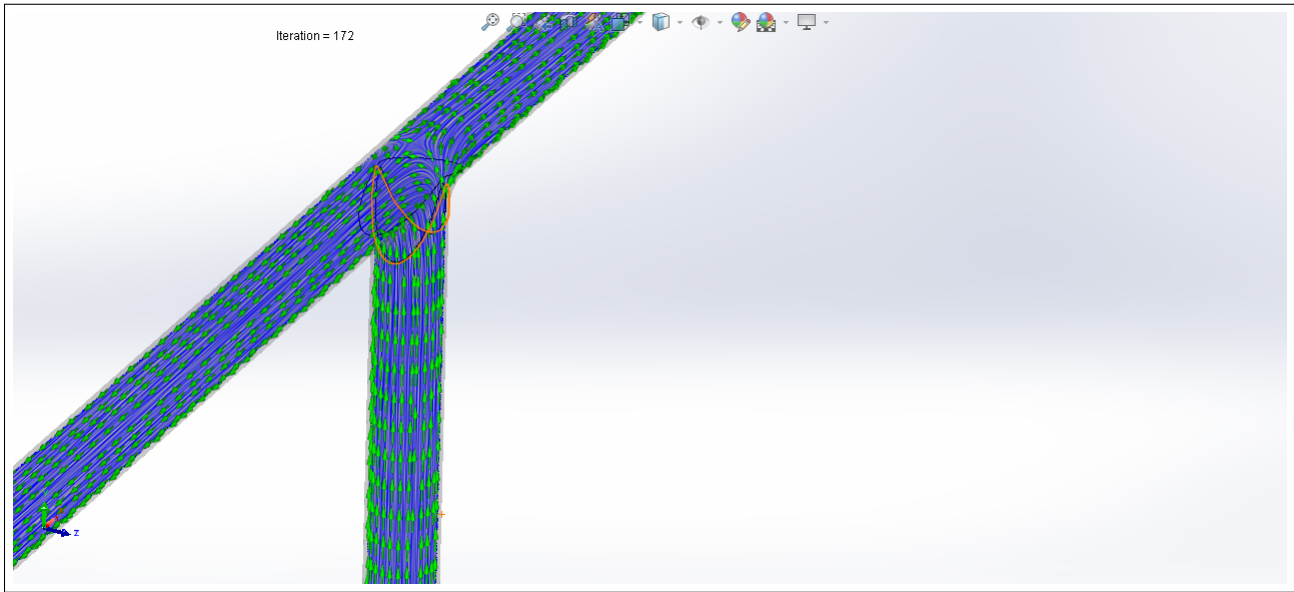
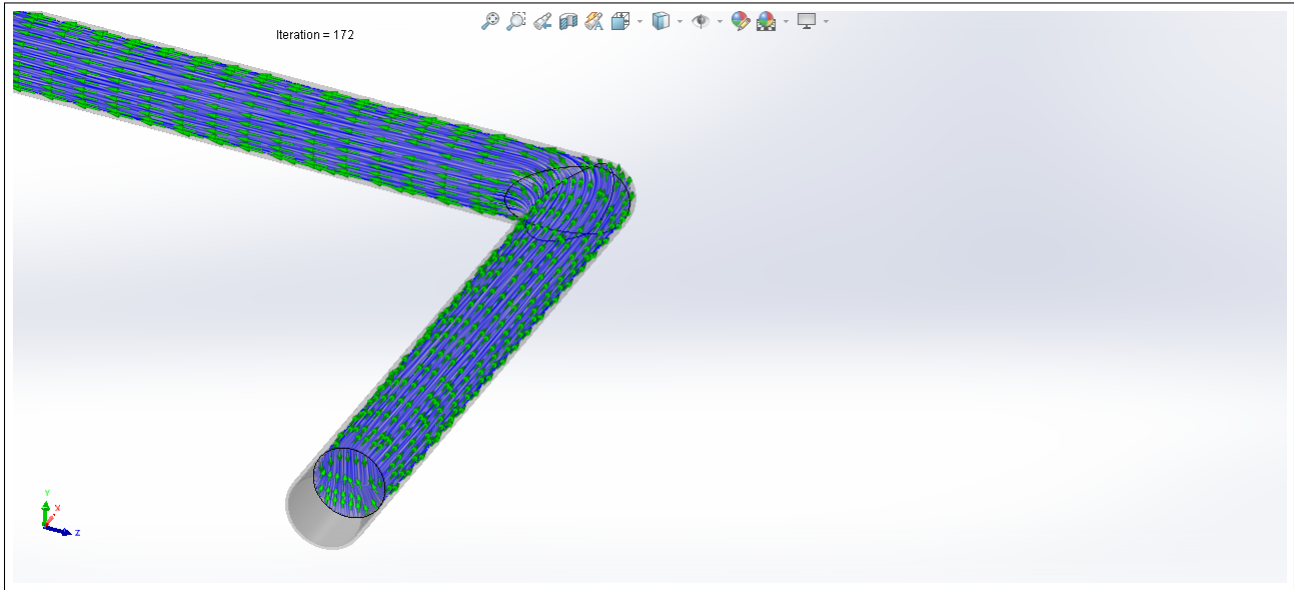


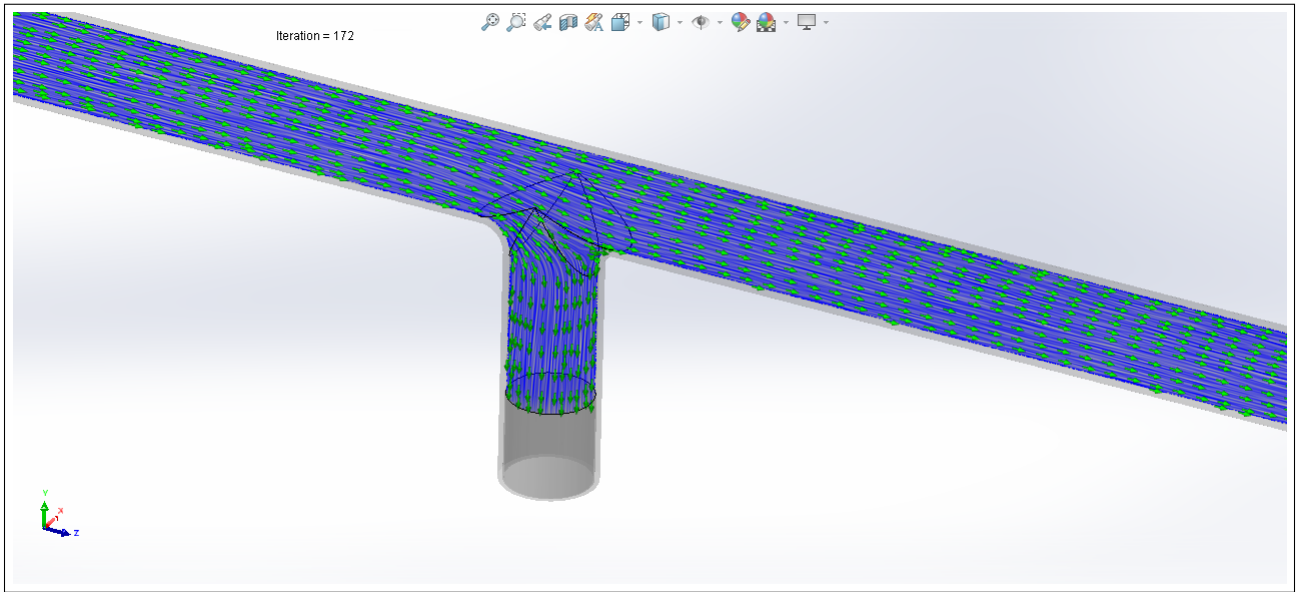
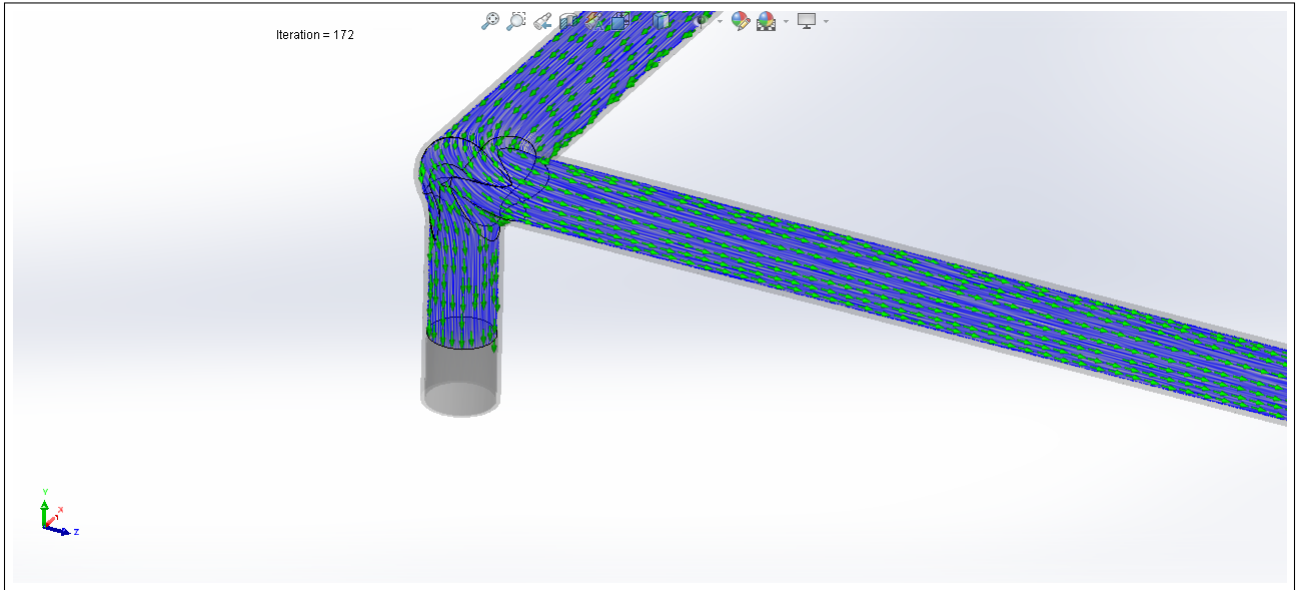
# **ANEXOS**

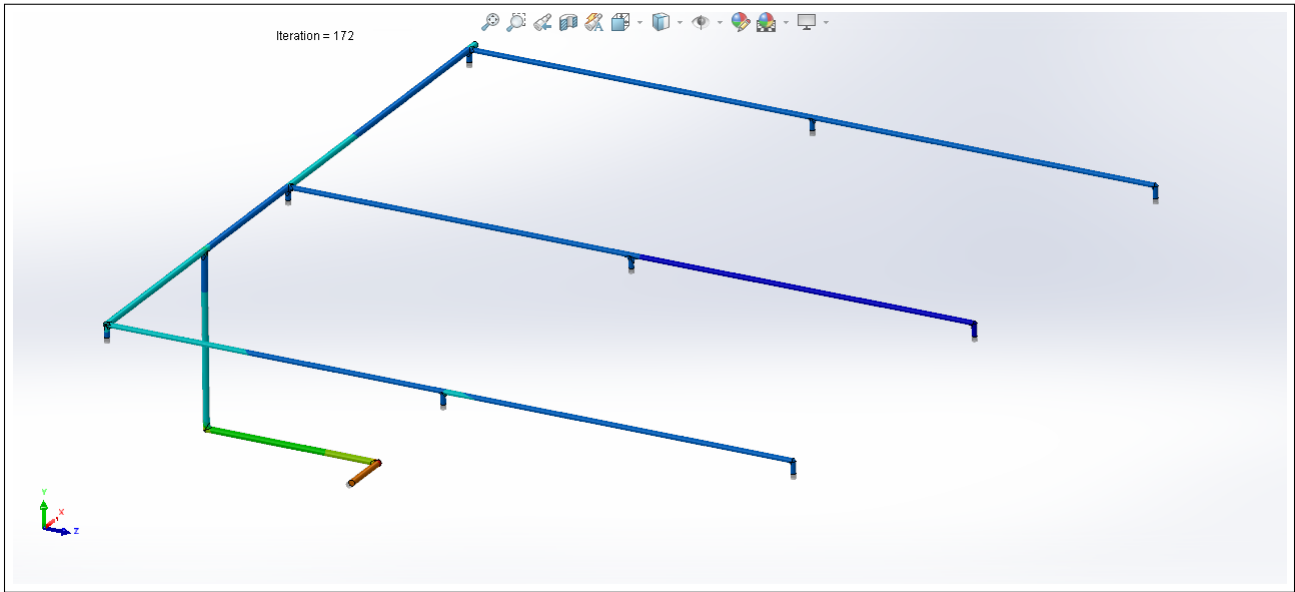
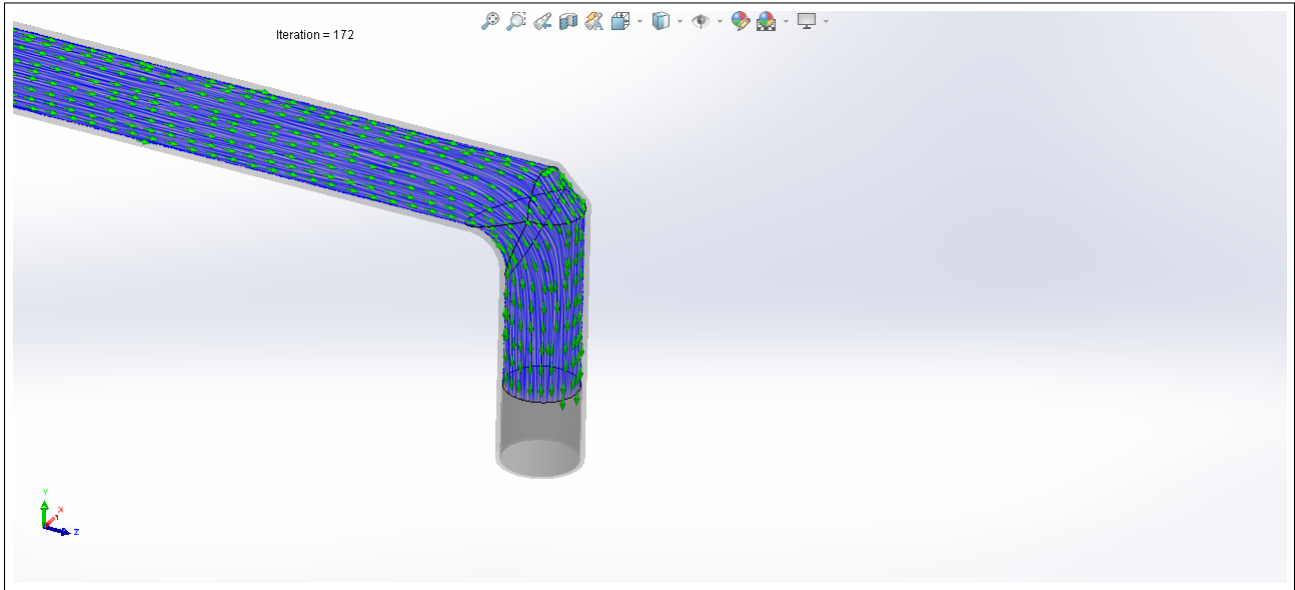
**Anexo A: Simulacion en solidworks subsuelo**

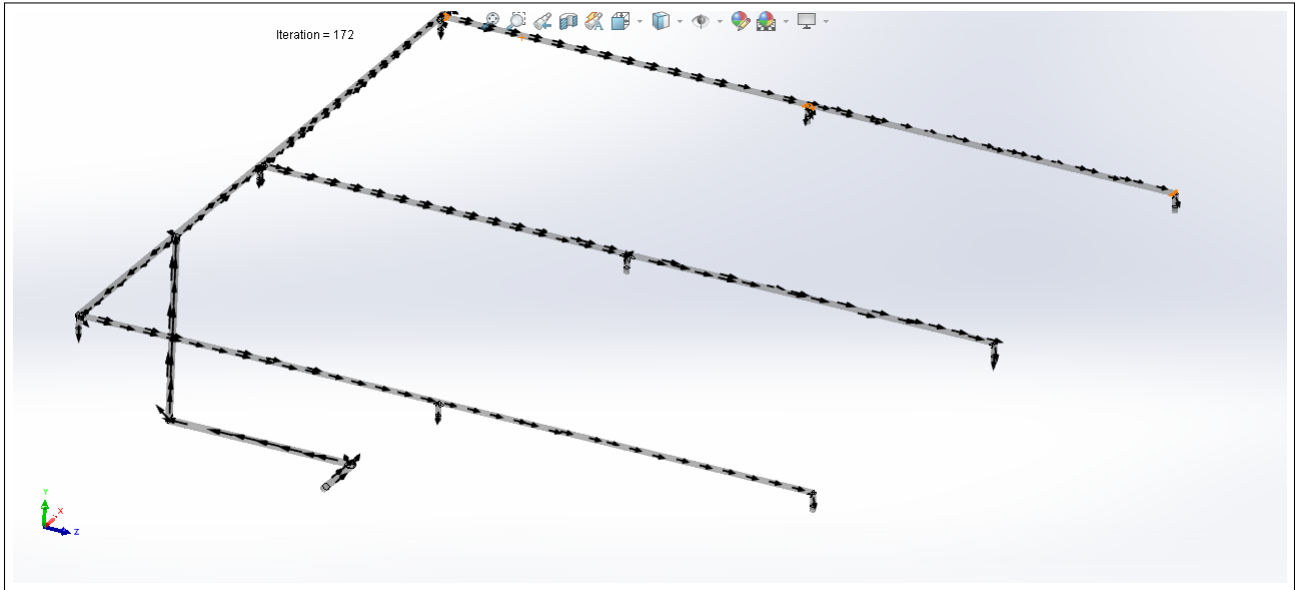




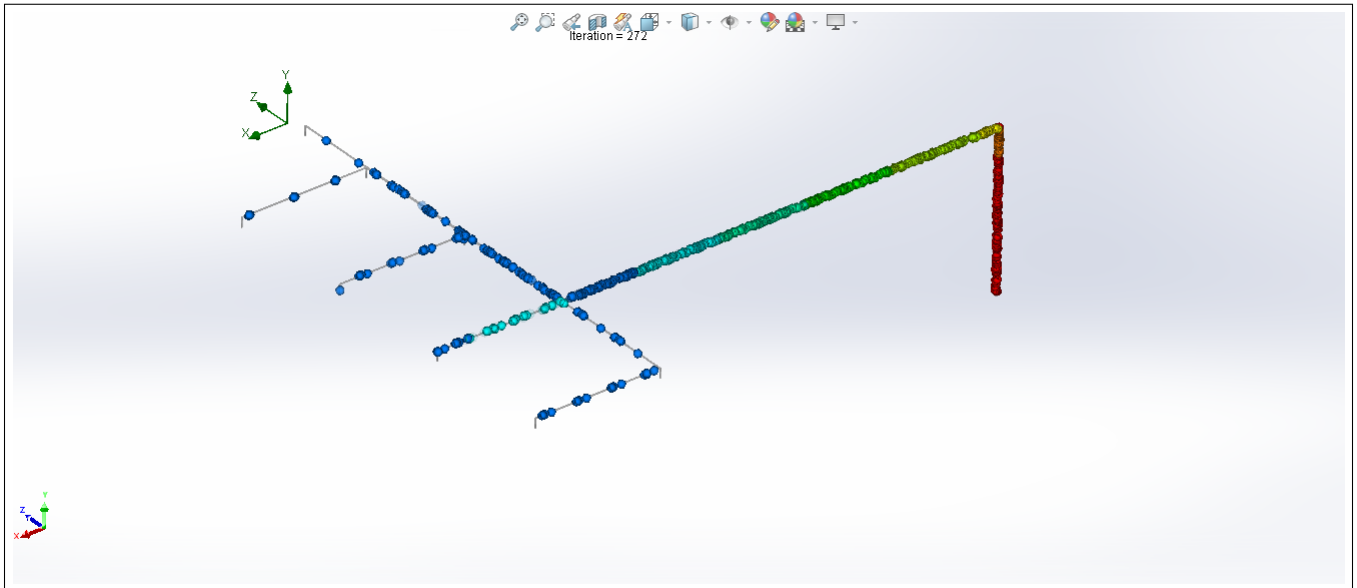


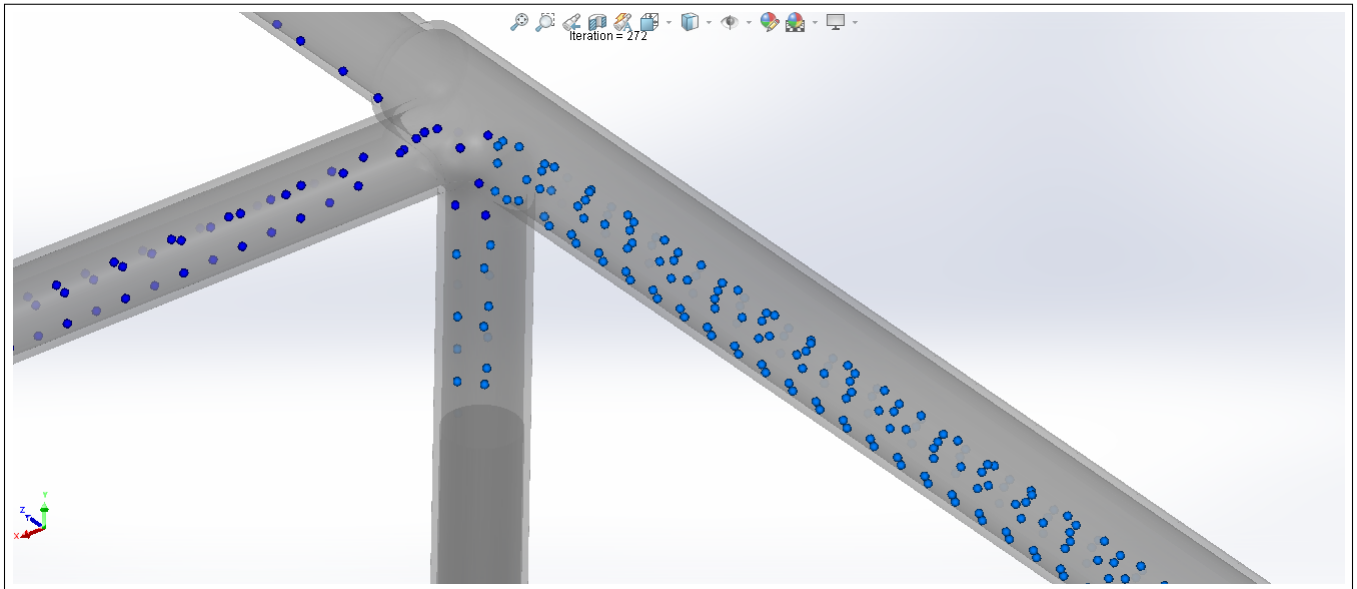
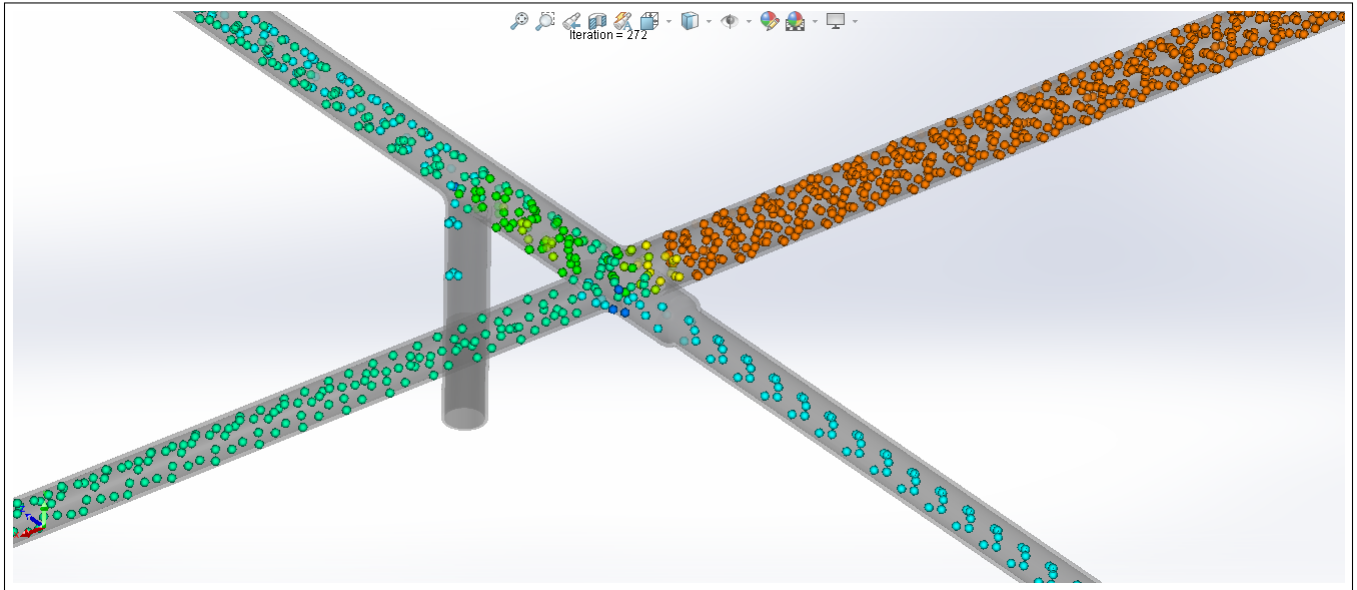




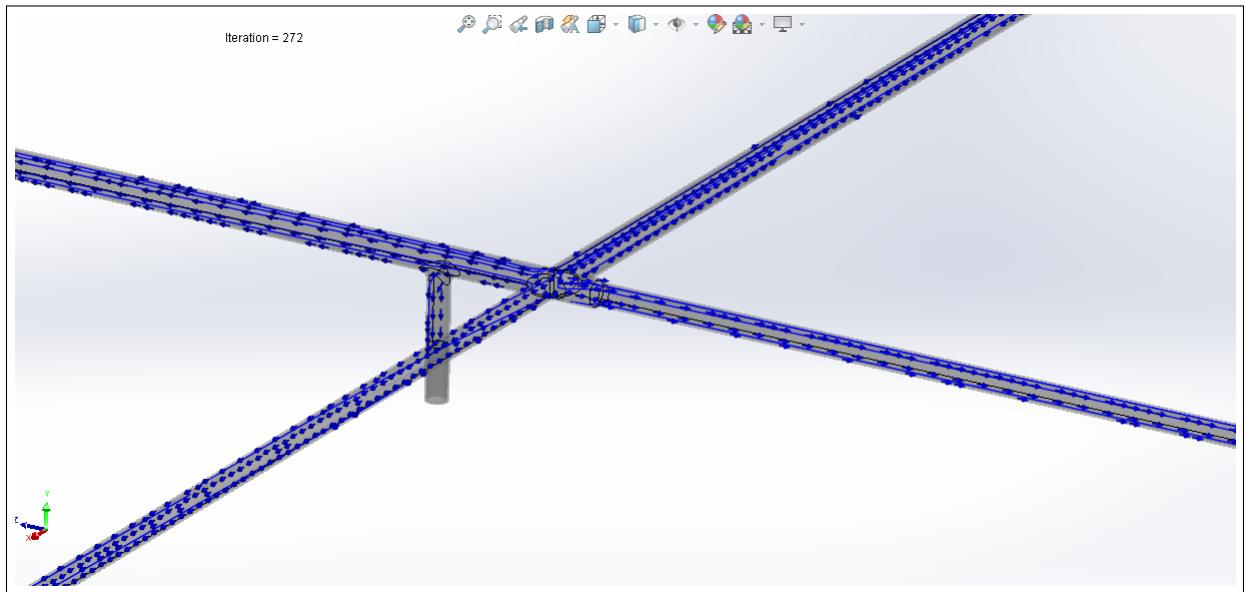
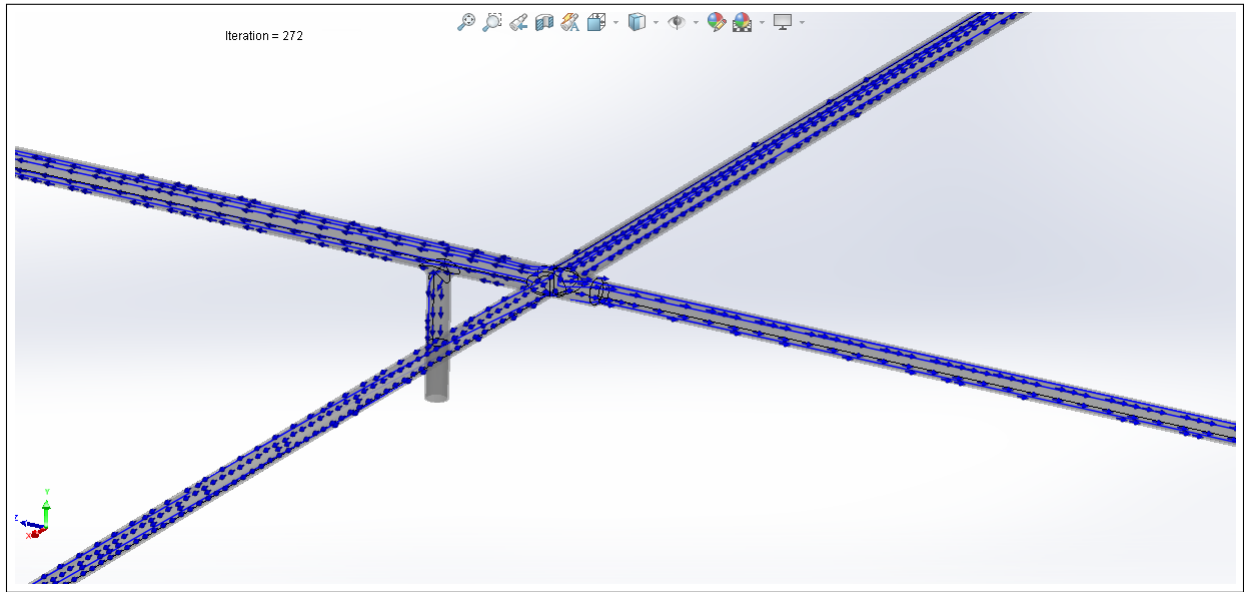


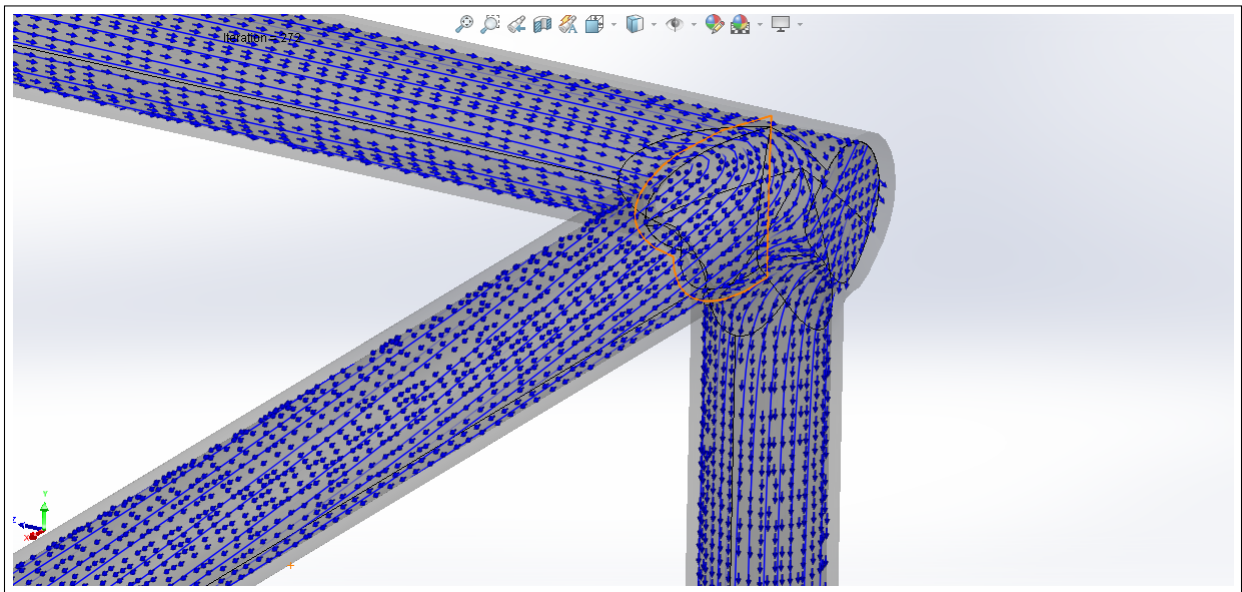
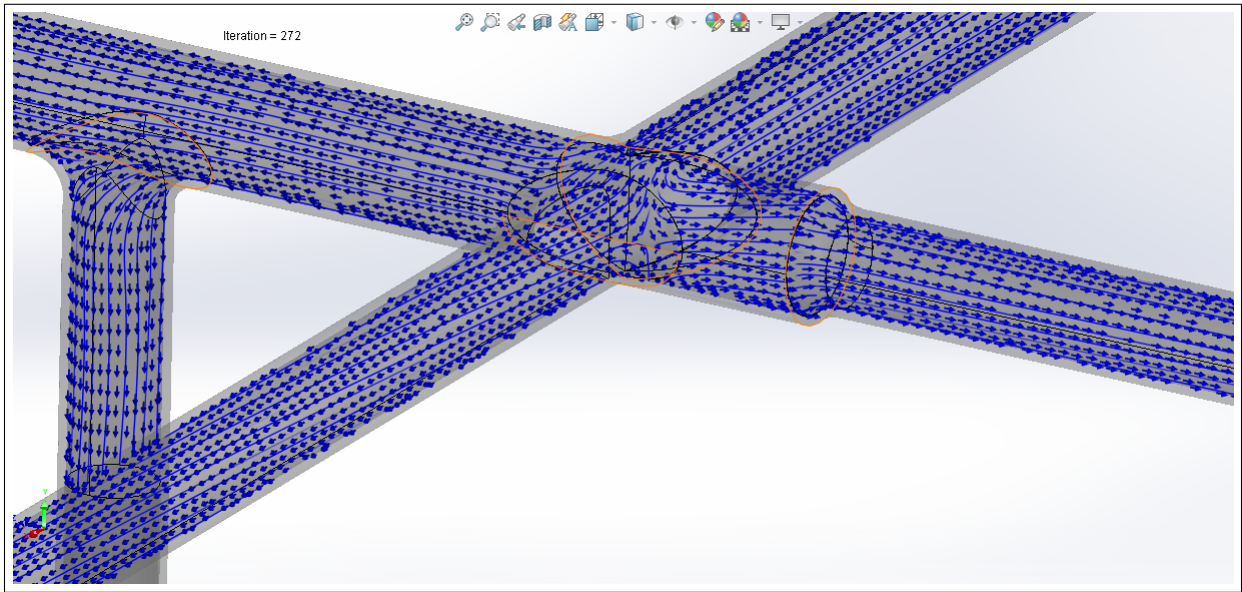
### Anexo B: Simulacion en solidworks Segunda planta

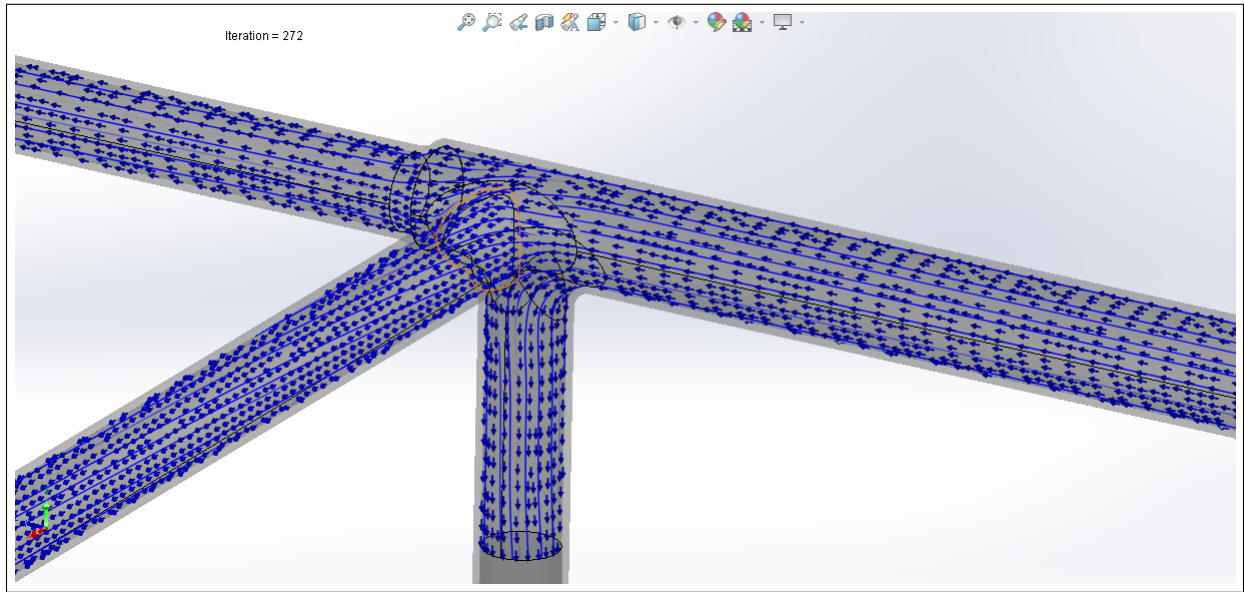












Anexo C: Reporte de resultados del software Pipe Flow y catalogo del equipo de bombeo