



Evaluación de la red contra incendio de la sede central de Corantioquia.

José Luis Mena Palomeque

Informe de prácticas para optar al título de ingeniero sanitario

Asesor interno:

Alejandro de Jesús Molina González, Ingeniero Sanitario

Asesor externo:

León Darío Arias Cuberos, Arquitecto

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental
Ingeniería Sanitaria
Medellín, Antioquia, Colombia

2023

Cita	(Mena Palomeque, 2023)
Referencia	Mena Palomeque, J. (2023). <i>Evaluación de la red contra incendio de la sede central de Corantioquia</i> . [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Julio Cesar Saldarriaga Molina.

Jefe departamento: Lina Berrouët Cadavid.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
1 Objetivos	11
1.1 Objetivo general	11
1.1.1 Objetivos específicos	11
2 Marco teórico	12
3 Metodología	14
4 Resultados	16
4.1 Evaluación de red contra incendio de Corantioquia	16
4.1.1 Descripción del edificio	16
4.1.2 Descripción de la red contra incendio	17
4.2 Proceso de actualización de planos de redes contra incendio	20
4.3 Evaluación de las redes contra incendio de acuerdo a la normativa actual	23
4.3.1 Protección de acuerdo NSR 10	24
4.3.2 Riesgo de ocupación de acuerdo a la NFPA	27
4.3.3 Evaluación de red de acuerdo a la NFPA 14	30
4.3.3.1 Evaluación de tuberías válvulas y componentes de la red de acuerdo a la NFPA 14 y la NTC 1669	30
4.3.4 Evaluación de espacios cubiertos por mangueras de acuerdo a la NFPA 14	32
4.3.5 Evaluación del cuarto de bombas de acuerdo a la NFPA 20	35
4.3.6 Extintores	36
4.4 Evaluación hidráulica de sistema de montantes y mangueras	37

4.4.1 Modelación en Epanet	37
4.4.2 Presión en modelación	41
5 Análisis	43
6 Propuesta de mejora	45
6.1 Descripción del sistema propuesto	45
6.1.1 Descripción del sistema de rociadores	46
6.2 Diseño de sistema de rociadores	47
6.3 Ubicación y descripción del sistema de gabinetes	51
6.4 Tuberías	52
6.4.1 Tuberías del sistema de rociadores	53
6.4.2 Tuberías de drenaje	53
6.4.3 Soporte de tuberías	54
6.4.4 Válvulas e instrumentos de medición de flujo	54
6.5 Cuarto de bombas	55
6.6 Conexiones para bomberos	58
6.7 Hidráulica	59
6.8 Modelación en Epanet	60
6.8.1 Propiedades de los componentes y modelación	62
7 Conclusiones	71
Referencias	73
Anexos	75

Lista de tablas

Tabla 1	Cronograma de actividades	15
Tabla 2	Ubicación y elementos de gabinete	19
Tabla 3	Clasificación de espacios NSR-10	24
Tabla 4	Riesgo por ocupación NFPA	27
Tabla 5	Riesgo de ocupación por nivel	30
Tabla 6	Perdidas locales (Red actual)	40
Tabla 7	propiedades de nodos en ruta crítica (Red actual)	41
Tabla 8	Propiedades de tramos en ruta crítica (Red actual)	42
Tabla 9	Características del diseño de sistema de rociadores nivel 1 y 2	48
Tabla 10	Propiedades de bomba principal (Propuesta)	56
Tabla 11	Presiones de arranque y apagado de bombas (Propuesta)	58
Tabla 12	Perdidas locales (Propuesta)	63
Tabla 13	Propiedades de modelación en nodos (Propuesta)	65
Tabla 14	Propiedades de modelación en tramos (Propuesta)	67

Lista de figuras

Figura 1	Sistema contraincendios nivel 1 (Red actual)	20
Figura 2	Cuarto de bombas (Red actual)	21
Figura 3	Sistema contraincendios nivel 2 (Red actual)	22
Figura 4	Gabinetes del nivel 3 (Red actual)	22
Figura 5	Gabinete del nivel 4 (Red actual)	23
Figura 6	Área protegida por gabinetes nivel 1 (Red actual)	33
Figura 7	Área cubierta por gabinete nivel 5 (Red actual)	34
Figura 8	Isométrico de red en Epanet (Red actual)	38
Figura 9	Curva característica de la bomba contraincendios (Red actual)	39
Figura 10	Disposición de rociadores en el nivel 1	49
Figura 11	Disposición de rociadores en el nivel 2	50
Figura 12	Cuarto de bombas (Propuesta)	59
Figura 13	Isométrico en Epanet (Propuesta)	61
Figura 14	Curva característica de bomba principal en Epanet (Propuesta)	69
Figura 15	Curva característica bomba jockey (VSE 2 11-30)	70

Siglas, acrónimos y abreviaturas

BIM	Modelado de Información de Construcción
CAD	Centro de Atención Documental
CIA	Centro de Información Ambiental
CO₂	Dióxido de carbono
cm	Centímetro
CORANTIOQUIA	Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia
ft	Pies
gal	Galones
gpm	Galones por Minuto
in	Pulgada
kW	Kilovatio
m	Metro
mca	Metro Columna de Agua
NFPA en inglés)	Asociación Nacional de Protección contra Incendios (por sus siglas en inglés)
NPS	Tamaño Nominal de Tubería (NPS, por sus siglas en inglés)
NTC	Norma Técnica Colombiana
NSR	Norma Sismo Resistente
PQS	Polvo Químico Seco
psi	Libra de fuerza por pulgada cuadrada
PVC	Policloruro de Vinilo
SST	Seguridad y Salud en el Trabajo

Resumen

Este trabajo se enfoca en la evaluación del sistema de redes contra incendios en la sede central de Corantioquia. El objetivo es identificar áreas de mejora en las instalaciones contra incendios y formular recomendaciones para su optimización. La metodología abarca varias etapas. La revisión de planos actuales, la inspección del edificio para identificar características de las redes, la elaboración y actualización de planos en 3D, la verificación del cumplimiento normativo y el análisis de la distribución de agua de la red mediante el software Epanet. La evaluación comprende normativas nacionales (NTC 1669, NTC 2301, NSR 10) e internacionales (NFPA 13, NFPA 14, NFPA 20, NFPA 10) para asegurar la conformidad con estándares de seguridad.

Los resultados incluyen la elaboración de planos con el software Sketchup y una evaluación que informará el estado actual del sistema, respaldada por normativas. Las recomendaciones específicas se fundamentarán en la evaluación de la red contraincendios para mejorar la seguridad de los trabajadores y las instalaciones, fortaleciendo así la capacidad de respuesta ante un evento de incendio en la sede central de Corantioquia. Esto permitirá crear un entorno laboral seguro y preparado ante eventos de conflagración.

Palabras clave: corantioquia, evaluación, 3d, normativas, sistema contra incendios, recomendaciones, distribución de agua, epanet, mejora, nfpa 13, nfpa 14, ntc 1669, ntc 2301, nfpa 20, nfpa 10.

Abstract

This paper focuses on the evaluation of the fire protection system at Corantioquia's headquarters. The objective is to identify areas for improvement in the fire protection installations and to formulate recommendations for their optimization. The methodology includes several stages. Review of current plans, inspection of the building to identify network characteristics, preparation and updating of 3D plans, verification of regulatory compliance, and analysis of the network water distribution using Epanet software. The evaluation includes national (NTC 1669, NTC 2301) and international (NFPA 13, NFPA 14, NFPA 20, NFPA 10) standards to ensure compliance with safety standards.

Deliverables include the development of drawings using Sketchup software and an assessment that will report the current status of the system, supported by standards. Specific recommendations will be based on the evaluation of the fire network to improve the safety of workers and facilities, thus strengthening the response capacity to a fire event at Corantioquia's headquarters. This will allow the creation of a safe and prepared work environment in the event of a conflagration.

Key words: corantioquia, evaluation, 3d, standards, fire protection system, recommendations, water distribution, epanet, improvement, nfpa 13, nfpa 14, ntc 1669, ntc 2301, nfpa 20, nfpa 10.

Introducción

La seguridad en las instalaciones de una empresa o entidad es un aspecto crucial que debe ser considerado en todo momento, especialmente cuando se trata de la prevención y protección contra incendios y de la normativa vigente en cuanto al sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo - SST. En este sentido, la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - Corantioquia aprueba unas prácticas académicas para evaluar el estado actual de estas redes en su sede central, con el fin de identificar posibles deficiencias y formular recomendaciones para mejorar la seguridad del personal en dichas instalaciones.

Este edificio de Corantioquia posee 5 pisos que cuenta con un sistema de red contra incendios. Sin embargo, se ha identificado la necesidad de determinar el estado actual de dicha red, con el objetivo de garantizar la seguridad del personal y usuarios en caso de un eventual incendio u otra emergencia similar.

Por ello, el objetivo de esta práctica es evaluar las redes contra incendios de la sede central de Corantioquia, con el propósito de formular recomendaciones para optimizarlas. Para lograr este objetivo propuesto se llevará a cabo una metodología que incluye la revisión de planos existentes, la inspección visual del sistema contra incendio del edificio, la elaboración de planos en 3D, la verificación del cumplimiento de la normativa, el análisis del funcionamiento de distribución de aguas y la formulación de recomendaciones para mejorar el sistema de instalaciones contra incendios.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Evaluar el sistema actual de la red contra incendios de la Sede Central de Corantioquia, en cumplimiento de las normativas técnicas actuales vigentes.

1.1.1 Objetivos específicos

- Realizar una comparación entre los planos de las instalaciones existentes y las redes contra incendio levantadas mediante inspecciones in situ, con el fin de identificar discrepancias y asegurar la conformidad de las redes contra incendio con los planos de que dispone la entidad de las redes instaladas.
- Elaborar planos en 3D de las redes actuales contra incendios de la sede central de Corantioquia mediante el software de modelado Sketchup, para su uso en futuras revisiones y/o mejoras del sistema.
- Verificar el cumplimiento de la normativa NTC 1669, NTC 2301 NPFA 13 y 14 en la red contra incendios existente.
- Analizar el funcionamiento del sistema de distribución de aguas de la red contra incendios usando Epanet.

2 Marco teórico

Redes contra incendios: las redes contra incendio son un conjunto de elementos que se utilizan para el suministro y distribución de agua a los diferentes sistemas de protección contra incendios, tales como hidrantes, rociadores, bocas de incendio equipadas (BIE), entre otros (ICONTEC, 2009). Según la normativa NTC, estas redes deben cumplir con una serie de requisitos en cuanto a su diseño, construcción, instalación y mantenimiento. La NTC 1669 y la NTC 2301 son normativas nacionales que están basadas en la NFPA 13 y 14 normativas para mitigar incendios estadounidenses de uso globalizado. Los componentes de una red contra incendio incluyen: sistema de abastecimiento de agua, bombas de agua, tuberías, válvulas, hidrantes, extintores portátiles, mangueras, lanzas, rociadores y sistemas de detección y alarma.

La NTC 1669 establece las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las redes hidráulicas de los sistemas fijos contra incendios en edificaciones (ICONTEC, 2009).

La NTC 2301 es la normativa que fija las condiciones mínimas necesarias para diseñar e instalar sistemas de rociadores automáticos que ayuden a prevenir y controlar incendios, así como para proteger contra la exposición al fuego (ICONTEC, 2013).

La norma NFPA 13 establece los requisitos para la instalación de sistemas de rociadores automáticos, mientras que la norma NFPA 14 insta los requisitos para la instalación de sistemas de tuberías verticales para el suministro de agua en caso de incendio (NFPA, 2019a).

NFPA 10: se enfoca en extintores portátiles, vitales para la extinción temprana de incendios en diversos entornos, protegiendo vidas y propiedades (NFPA, 2013).

NFPA 20: instituye normas para garantizar el funcionamiento fiable de bombas en sistemas contra incendios, proporcionando el suministro de agua necesario en situaciones críticas (NFPA, 2019c).

Evaluación de redes contra incendios: la evaluación de las redes contra incendios es fundamental para garantizar que los sistemas de protección contra incendios cumplan con los requisitos de seguridad (ICONTEC, 2009) .

Digitalización de Planos en 3D: la elaboración de planos en 3D mediante herramientas tipo BIM permite reducir errores, minimizar conflictos de diseño, ayuda a optimizar el proceso de construcción, facilita la coordinación entre equipos de trabajo involucrados, y genera información precisa con intercambio efectivo y de utilidad para la gestión futura de trabajos (Xie et al., 2011).

El modelado de información para la edificación (BIM) y la utilización de planos en 3D son fundamentales en la ingeniería de seguridad contra incendios, ya que pueden ser implementados en la etapa operativa, agilizar la localización de personas en situaciones de emergencia y mejorar la eficacia de las operaciones de respuesta a incendios en edificios (Kordestani et al., 2020) .

3 Metodología

La metodología utilizada para llevar a cabo la evaluación del sistema de redes contra incendios en la sede central de Corantioquia se divide en varias etapas interconectadas.

En primer lugar, se realiza una revisión de los planos existentes de las redes contra incendios, tanto en formato digital como físico. Esta revisión proporciona una comprensión inicial de la red existente y sus componentes.

A continuación, se llevan a cabo inspecciones visuales del edificio con el objetivo de identificar las características de la red contra incendios actual. Esto incluye la ubicación de los componentes, el tamaño, el material, el diámetro y el tipo de conexión, entre otros aspectos relevantes.

Con base en los datos recopilados, se procede a la elaboración de planos en 3D mediante el programa de diseño y modelación Sketchup de la red contra incendios actual. Estos planos tridimensionales proporcionan una representación de la infraestructura existente y son esenciales para una comprensión completa del sistema.

Posteriormente, se realiza una verificación del cumplimiento normativo. Esto implica comparar la red contra incendios con las normativas nacionales (NTC 1669, NTC 2301, NSR 10) e internacionales (NFPA 13, NFPA 14, NFPA 20, NFPA 10) relevantes. La verificación normativa es crucial para determinar si la red cumple con los estándares de seguridad establecidos.

Para evaluar el funcionamiento hidráulico de la red, se utiliza el software Epanet. Se realiza un análisis de la distribución de agua en la red contra incendios, incluyendo la presión y la demanda. Este análisis proporciona información esencial sobre el rendimiento del sistema.

Se lleva a cabo una evaluación del sistema, teniendo en cuenta la verificación del cumplimiento normativo, el análisis hidráulico y las observaciones obtenidas durante las visitas in situ. Esta evaluación proporciona una visión completa del estado actual de la red y su capacidad de respuesta ante situaciones de incendio.

Con base en los hallazgos anteriores, se formulan recomendaciones destinadas a mejorar el sistema de instalaciones contra incendios. Estas recomendaciones se fundamentan en la evaluación de la red y tienen como objetivo fortalecer la seguridad de los trabajadores y las instalaciones.

4 Resultados

4.1 Evaluación de red contra incendio de Corantioquia

4.1.1 Descripción del edificio

El edificio de Corantioquia es una construcción de 5 pisos con una altura de 21 metros. Su área edificada se distribuye estratégicamente en cada nivel, siendo el primer piso de 1785,47 m², el segundo piso de 1773,66 m², el tercer piso de 1619,76 m², el cuarto piso de 477,65 m² y el quinto piso de 355,58 m². Esta sede central alberga diversas áreas y servicios para el óptimo funcionamiento de la institución.

Nivel 1: en el primer nivel, se encuentran espacios importantes como el punto de atención al ciudadano (PAC), el centro de administración documental (CAD) y un conveniente parqueadero para automóviles, bicicletas y motocicletas. Además, cuenta con una central de monitoreo de vigilantes, cuarto de planta telefónica y UPS, almacén, área de almacenamiento de residuos aprovechables y no aprovechables, centro de acopio RESPEL y jaulas de paso de cuidado animal. También dispone de una oficina para conductores y bodegas, así como un tanque de almacenamiento de agua y generador eléctrico. Las instalaciones se complementan con un cuarto de vestier, duchas, lockers, casilleros, y unidades sanitarias.

Nivel 2: el segundo nivel alberga las oficinas de las subdirecciones de planeación, administrativa y financiera, participación y cultura Ambiental, y ecosistemas. También se encuentran el centro de información ambiental (CIA), la secretaría general, la oficina asesora de comunicaciones y el control interno disciplinario. El nivel cuenta con dos cafetines y cuatro servicios sanitarios, así como un centro de cómputo y servidores. Se conecta con el nivel 3 mediante dos escaleras de concreto provistas de pasamanos y cintas antideslizantes.

Nivel 3: en el tercer nivel, se ubica la dirección general y las oficinas territoriales Aburrá norte y Aburrá sur. También reside la subdirección de sostenibilidad y gestión territorial, la oficina de control interno, un auditorio y dos cafetines. Además, se encuentra el fondo de empleados de Corantioquia (FECORA) y un área para la atención de primeros auxilios. El nivel dispone de cuatro baterías de servicios sanitarios y se conecta con el nivel 4 a través de una escalera metálica.

Nivel 4: en el cuarto nivel, se encuentra el laboratorio de gestión ambiental, junto con servicios sanitarios y cafetines para el personal. Una escalera metálica con pasamanos comunica este nivel con el quinto.

Nivel 5: en el último nivel esta la subdirección de gestión ambiental.

Buitrones: el edificio presenta cuatro buitrones ubicados en los costados noreste, sureste, noroeste y suroeste, que atraviesan desde la losa del segundo piso hasta la losa del cuarto piso. Estos buitrones discurren por las unidades sanitarias entre los baños de hombres y mujeres, cumpliendo una función esencial en el sistema de abastos, aguas residuales y redes contraincendios (CORANTIOQUIA, 2021).

4.1.2 Descripción de la red contra incendio

El sistema contra incendios implementado en el edificio de Corantioquia es montante con mangueras, húmedo, automático, que incorpora gabinetes tipo dos y un sistema de detección de humo. Su suministro de agua se lleva a cabo mediante un tanque sobre la losa del primer nivel del edificio, que almacena tanto el agua destinada al abastecimiento del edificio como la necesaria para las redes contra incendios. Para el bombeo del agua, se utiliza una bomba centrífuga eléctrica, acompañada por un tanque hidro neumático precargado que cuenta con un presostato para el control del sistema.

Las tuberías utilizadas en el sistema son de acero con rosca, formando un sistema cerrado en el primer piso que distribuye agua a los niveles superiores mediante 4 montantes que pasan por los buitrones ubicados en los costados de las escaleras. El primer piso tiene dos gabinetes, el segundo piso cuenta con cuatro gabinetes, el tercer piso tiene tres y el cuarto piso cuenta con un gabinete. Además de los gabinetes, el sistema de extinción de incendios incluye extintores de clase ABC, B a base de espuma y CO₂, estratégicamente distribuidos por todo el edificio para brindar una respuesta rápida, ante cualquier emergencia.

El almacenamiento de agua es mediante un tanque de 24 m³ con base circular de 1,3 m de radio y una altura de 4,62 m. De esta capacidad, 12 m³ están destinados a la red contraincendios, los niveles para abastos y control de incendios están sectorizados. La conexión que abastece el sistema contra incendios se encuentra en la parte baja, a 10 cm del nivel del suelo, y el flujo de agua hacia la bomba está controlado por una válvula de bola.

La bomba del sistema es de tipo eléctrica, centrífuga y cuenta con un motor trifásico de 5.6 kW, con conexiones de succión e impulsión de 2 in. La bomba funciona mediante succión positiva, y su eje se encuentra a 32 cm del suelo. Para el correcto funcionamiento del sistema de bombeo, dispone de un tanque hidroneumático de 86 gal, con diafragma con máxima presión de trabajo de 125 psi. La operación de encendido y apagado del sistema de bombeo está a cargo de un presostato, que funciona entre 15 psi y 40 psi.

La red contra incendios presenta diversas válvulas ubicadas para controlar el flujo de agua. Desde la captación del tanque, una válvula de bola regula el flujo, mientras que en la tubería vertical principal hay una válvula para controlar el paso del agua. Además, se encuentra una conexión directa entre la red contra incendios y la red de acueducto que alimenta el tanque de almacenamiento, cuyo paso de agua está controlado por una válvula de bola, la red que alimenta el tanque de almacenamiento tiene una válvula reguladora de presión en su tramo inicial. Asimismo, una válvula de compuerta controla el flujo de agua que comunica las siamesas de conexión de bomberos con la red principal.

Las tuberías utilizadas en el sistema son de acero y tienen diferentes diámetros según su ubicación. La tubería horizontal principal del primer piso es de 3 in de diámetro, formando un rectángulo conectado a las tuberías verticales montantes que ascienden por los 4 buitrones ubicados a los costados de las escaleras. Los montantes verticales que ascienden desde el primer piso al segundo son de 2 in de diámetro en los buitrones noroeste, suroeste y sureste, mientras que la tubería vertical del costado noreste es de 1 ½ in de diámetro. Del primer piso se desprenden dos ramales de 1 ½ in de diámetro que abastecen los dos gabinetes de dicho nivel.

En el segundo piso, de las tuberías verticales de cada buitrón se desprenden ramales de 1 ½ in de diámetro que surten a los gabinetes contiguos, la tubería vertical del costado noreste no tiene continuación al tercer piso, cuya alimentación vertical se realiza mediante tuberías de sección de 1 ½ in por los costados sureste, suroeste y noroeste. Los tres gabinetes del tercer piso están conectados a las tuberías verticales mediante ramales de 1 ½ in de diámetro, el único gabinete del cuarto piso se une al tallo del costado noroeste mediante una tubería de sección 1 ½ in, la cual asciende entre el baño de hombres y el cafetín hacia el cuarto piso. La corporación cuenta con una válvula siamesa ubicada al lado noreste de la edificación, conectada a la red mediante una tubería de 3 in de diámetro. El tanque de almacenamiento se abastece de la línea de acueducto municipal mediante una tubería de PVC de 1 ½ in en su tramo inicial, que cambia a una tubería de 1 ½ in.

Los diez gabinetes que conforman la red contra incendios están ubicados en el edificio de la siguiente manera.

Tabla 2

Ubicación y elementos de gabinetes

Ubicación	Elementos
Nivel 1: Almacén	Manguera 1 ½ in, 100 pies, hacha, válvula angular 1 ½ in, llave spanner, extintor PQS ABC de 10 libras externo al gabinete.
Nivel 1: Central de monitoreo de vigilantes	Manguera 1 ½ in, 100 pies, hacha, válvula angular 1 ½ in, llave spanner.
Nivel 2: Cafetín	Manguera 1 ½ in, 100 pies, hacha, válvula angular 1 ½ in, llave spanner, extintor PQS 10 libras.
Nivel 2: Centro de administración de documentos	Extintor PQS 10 libras, manguera 1 ½ in, 100 pies, hacha, válvula angular 1 ½ in, llave spanner.
Nivel 2: Participación y Cultura Ambiental	Extintor PQS 10 libras, manguera 1 ½ in, 100 pies, hacha, válvula angular 1 ½ in, llave spanner.
Nivel 2: Administrativa y Financiera	Extintor PQS BC 10 libras externo al gabinete, manguera 1 ½ in, 100 pies, hacha, válvula angular 1 ½ in, llave spanner.
Nivel 3: Baños Mixtos	Extintor ABC externo al gabinete, manguera 1 ½ in, 100 pies, hacha, válvula angular 1 ½ in, llave spanner, boquilla de 1 ½ in.
Nivel 3: Control Interno	Extintor PQS ABC de 10 libras externo al gabinete, extintor PQS BC de 10 libras externo al gabinete, manguera 1 ½ in, 100 pies, hacha, válvula angular 1 ½ in, llave spanner, boquilla de 1 ½ in.
Nivel 3: Cafetín Sostenibilidad y Gestión Territorial	Extintor PQS ABC 10 libras externo al gabinete, manguera 1 ½ in, 100 pies, hacha, válvula angular 1 ½ in, llave spanner, boquilla de 1 ½ in.
Nivel 4: Gestión Ambiental	Extintor agente limpio, manguera 1 ½ in, 100 pies, hacha, válvula angular 1 ½ in, llave spanner, boquilla de 1 ½ in.

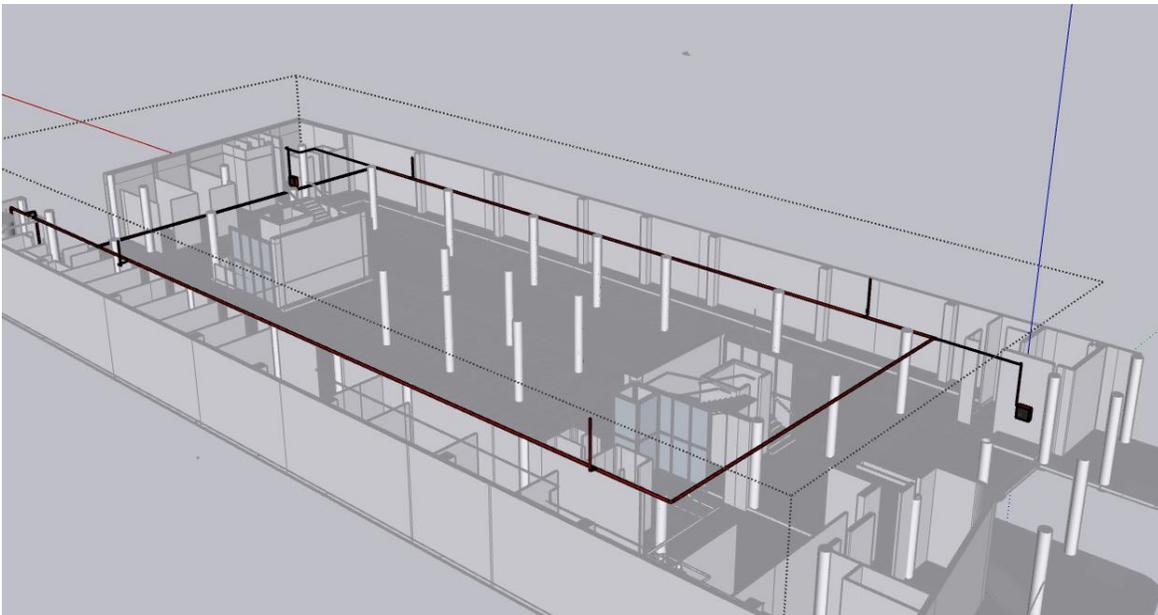
Nota. Información obtenida en el lugar y en el plan de prevención, preparación y respuesta ante emergencias de la sede central (Corantioquia., 2021).

4.2 Proceso de Actualización de Planos de Redes Contra Incendio

Para llevar a cabo la actualización de los planos, se realizaron visitas en sitio para inspeccionar las instalaciones. Además, se efectuó una revisión de los planos existentes, lo que reveló desactualización en los planos, ya que no contenían detalles sobre la ubicación del gabinete del cuarto nivel ni especificaciones del cuarto de bombas. Afortunadamente, se constató que el estado de las tuberías, accesorios y bombas es óptimo. A continuación, se adjuntan imágenes de los planos actualizados, los cuales fueron elaborados con la ayuda del software de modelación Sketchup.

Figura 1

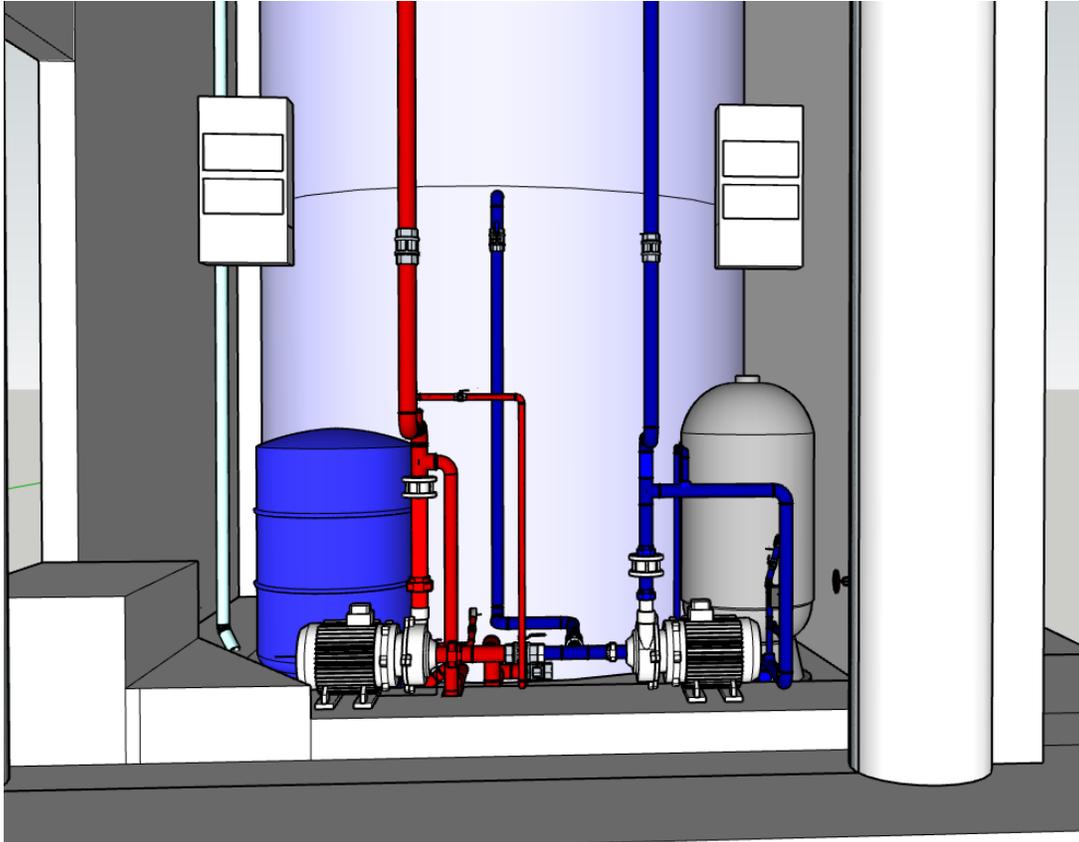
Sistema contraincendios nivel 1 (Red actual).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022) y su red contra incendios actual.

Figura 2

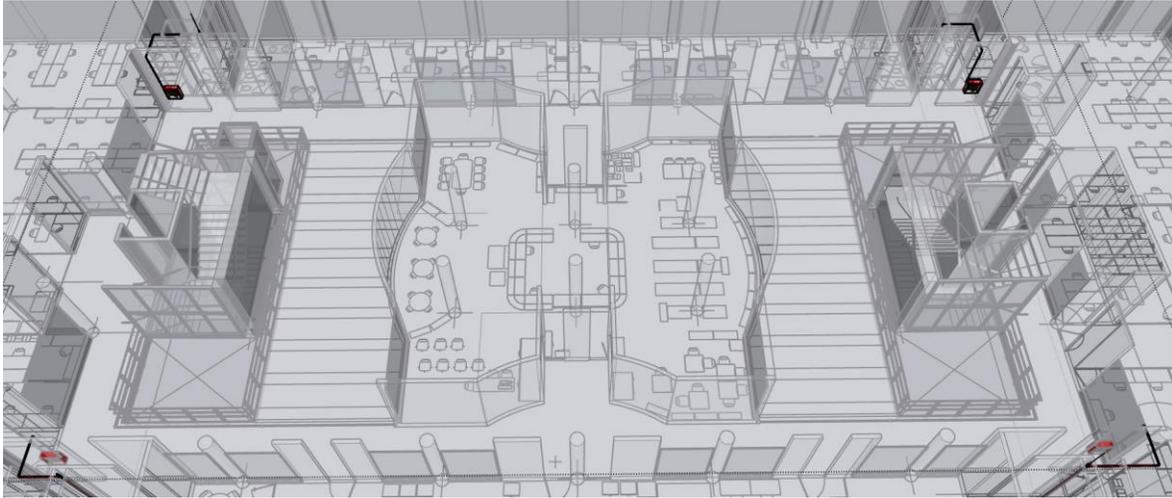
Cuarto de bombas (Red actual)



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022) y su red contra incendios actual.

Figura 3

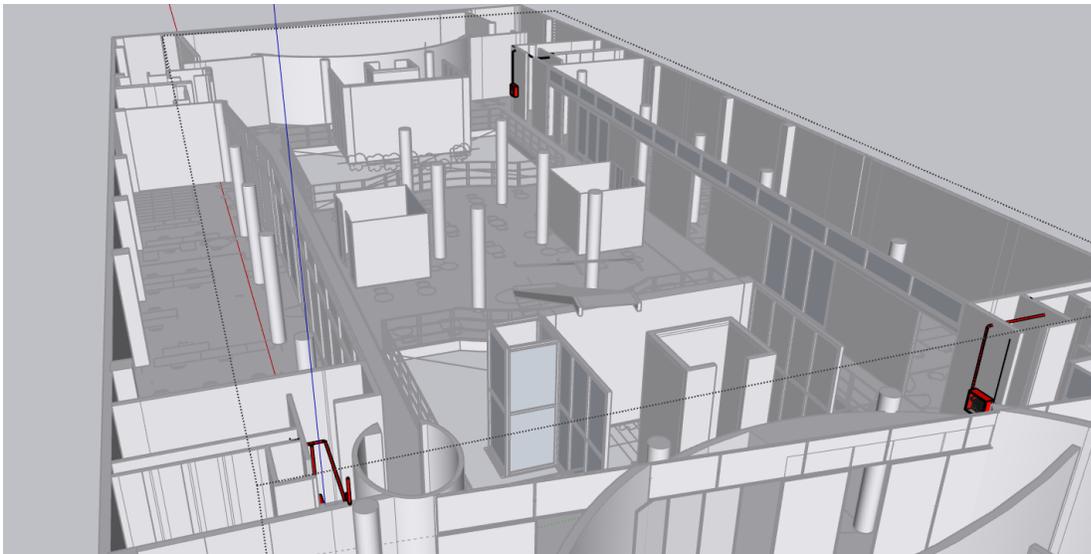
Sistema contraincendios nivel 2 (Red actual).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022) y su red contra incendios actual.

Figura 4

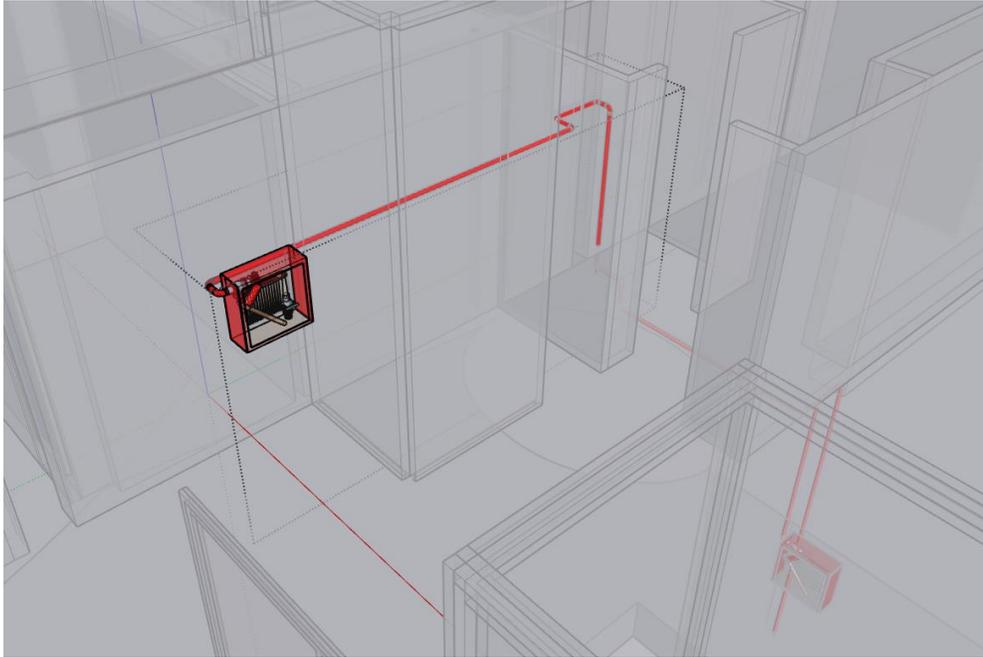
Gabinets del nivel 3 (Red actual).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022) y su red contra incendios actual.

Figura 5

Gabinete del nivel 4 (Red actual).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022) y su red contra incendios actual.

4.3 Evaluación de las redes contra incendio de acuerdo a la normativa actual

Las disposiciones de las normativas contra incendio vigentes no deben aplicarse a construcciones o instalaciones construidas antes de su publicación, a menos que las autoridades competentes determinen que la situación existente presenta un riesgo inminente (ICONTEC, 2009). En este contexto, se lleva a cabo una evaluación con fines académicos y en busca de mejorar la seguridad en Corantioquia, de acuerdo a las consideraciones actuales sobre la seguridad contra incendios.

Esta evaluación se basa en un paralelismo entre las condiciones actuales de la red contra incendio y las recomendaciones de la normativa actual. En dicha comparación, se omitirá cualquier aspecto relacionado con el sistema de alarmas. El objetivo es identificar posibles deficiencias y áreas de mejora en el sistema de prevención y extinción de incendios para garantizar la protección adecuada del edificio y sus ocupantes.

4.3.1 Protección de acuerdo NSR 10

Es fundamental tener en cuenta qué sistema de mitigación de incendios debería emplearse de acuerdo con la normativa vigente en la sede central de Corantioquia. La NSR 10, en su título J, describe los requisitos que una edificación debe cumplir para enfrentar eventos de incendios, basado en las siguientes premisas:

- Reducción del riesgo de incendios en las edificaciones en la medida de lo posible.
- Evitar la propagación del fuego tanto dentro de las edificaciones como hacia estructuras cercanas.
- Facilitar las tareas de evacuación de los ocupantes de las edificaciones en caso de incendio.
- Facilitar el proceso de extinción de incendios en las edificaciones.
- Minimizar el riesgo de colapso de la estructura durante las labores de evacuación y extinción. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, pág. J-1)

Con forme al capítulo 2 del título K, que clasifica las edificaciones y espacios existentes según su uso y ocupación, se presenta la siguiente clasificación de los espacios de la sede central de Corantioquia:

Tabla 3

Clasificación de espacios NSR 10

Nivel 1			
Ocupación	Grupo	Subgrupo	Justificación
Parqueadero	A	A-1	Espacios de almacenamiento de materiales combustibles con combustión moderada y sin emisión de gases tóxicos o explosiones.
PAC	C	C-1	Espacios comerciales y profesionales con almacenamiento ocasional de pequeñas cantidades de bienes para su funcionamiento y oferta de servicios.
CAD	A	A-1	Espacios de almacenamiento de materiales combustibles con combustión moderada y sin emisión de gases tóxicos o explosiones.
Vigilancia	C	C-1	Espacios comerciales y profesionales con almacenamiento ocasional de pequeñas cantidades de bienes para su funcionamiento y oferta de servicios.
Cuarto de planta telefónica UPS	E	E	Espacios de construcción con características técnicas, constructivas o de uso especiales, que no se clasifiquen en otros grupos de ocupación específicos.
Almacén	A	A-1	Espacios de almacenamiento de materiales combustibles con combustión moderada y sin emisión de gases tóxicos o explosiones.
Almacenamiento de residuos	E	E	Espacios de construcción con características técnicas, constructivas o de uso especiales, que no se clasifiquen en otros grupos de ocupación específicos.

Nivel 1			
Ocupación	Grupo	Subgrupo	Justificación
RESPEL	E	E	Espacios de construcción con características técnicas, constructivas o de uso especiales, que no se clasifiquen en otros grupos de ocupación específicos.
Bodegas	A	A-1	Espacios de almacenamiento de materiales combustibles con combustión moderada y sin emisión de gases tóxicos o explosiones.
Oficinas	C	C-1	Espacios comerciales y profesionales con almacenamiento ocasional de pequeñas cantidades de bienes para su funcionamiento y oferta de servicios.
Cuarto de generación eléctrica	F	F-1	Espacios utilizados en la producción, fabricación, ensamblaje, procesamiento o transformación de productos, materiales o energía.
Cuarto de almacenamiento de aguas	E	E	Espacios de construcción con características técnicas, constructivas o de uso especiales, que no se clasifiquen en otros grupos de ocupación específicos.
Veterinaria de paso	E	E	Espacios de construcción con características técnicas, constructivas o de uso especiales, que no se clasifiquen en otros grupos de ocupación específicos.
Nivel 2			
Ocupación	Grupo	Subgrupo	Justificación
Oficinas (Subdirecciones)	C	C-1	Espacios comerciales y profesionales con almacenamiento ocasional de pequeñas cantidades de bienes para su funcionamiento y oferta de servicios.
CIA	L	L-3	Espacios usados para Almacenar materiales combustibles con combustión moderada y sin gases tóxicos ni explosiones.
Centro de cómputo y servidores	E	E	Espacios de construcción con características técnicas, constructivas o de uso especiales, que no se clasifiquen en otros grupos de ocupación específicos.
Nivel 3			
Ocupación	Grupo	Subgrupo	Justificación
Auditorio	L	L-2	Espacios utilizados para la realización o presentación de eventos culturales o políticos.
Oficinas	C	C-1	Espacios comerciales y profesionales con almacenamiento ocasional de pequeñas cantidades de bienes para su funcionamiento y oferta de servicios.
Servicio de alimentación	C	C-2	Espacios comerciales para exhibir y vender bienes y productos al público comprador.
Consultorio enfermería	C	C-1	Espacios comerciales y profesionales con almacenamiento ocasional de pequeñas cantidades de bienes para su funcionamiento y oferta de servicios.
Nivel 4			
Ocupación	Grupo	Subgrupo	Justificación
Laboratorio de Gestión Ambiental	E	E	Espacios de construcción con características técnicas, constructivas o de uso especiales, que no se clasifiquen en otros grupos de ocupación específicos.
Cuarto de refrigeración	E	E	Espacios de construcción con características técnicas, constructivas o de uso especiales, que no se clasifiquen en otros grupos de ocupación específicos.

Nivel 5			
Ocupación	Grupo	Subgrupo	Justificación
Oficinas (Subdirección de Gestión Ambiental)	C	C-1	espacios en donde se realizan transacciones y se ofrecen servicios profesionales o comerciales, que incidentalmente involucren el almacenamiento de pequeñas cantidades de bienes para el funcionamiento y oferta de dichos servicios.

Nota. Clasificación de espacios fundamentada en los criterios de caracterización de áreas de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2010).

Debido a la diversidad de ocupaciones en la sede central de Corantioquia, el edificio se clasifica de ocupación mixta según la NSR 10, caracterizándose por tener varios tipos de ocupaciones. Para este tipo de ocupaciones, la NSR 10 en la sección J.4.3.6 recomienda un sistema contraincendios con las siguientes características:

Rociadores automáticos: Un sistema aprobado y eléctricamente supervisado de rociadores automáticos, siguiendo el código para suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificios, NTC 2301, y la norma para Instalación de sistemas de rociadores, NFPA 13.

Mangueras: sistema de tomas fijas para bomberos y mangueras de extinción, diseñado conforme al código para suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificaciones, NTC 1669, y el código para instalación de sistemas de tuberías verticales y mangueras, NFPA 14.

Extintores portátiles: sistema de extintores portátiles de fuego, diseñados según la última versión de la norma extintores de fuego portátiles, NTC 2885, y la norma de extintores de fuego portátiles, NFPA 10, en todas las áreas clasificadas en el grupo de ocupación mixtos y otros (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

La NSR 10 sugiere un sistema combinado de rociadores y gabinetes para la extinción de incendios en la sede central de Corantioquia. Dado que la corporación ya cuenta con un sistema de montantes y mangueras, es beneficioso evaluarlo de acuerdo con la normativa NFPA 14 (Norma para la instalación de sistemas de montantes y mangueras).

4.3.2 Riesgo de ocupación de acuerdo a la NFPA

La NFPA tiene una clasificación basada en el riesgo por ocupación, que permite categorizar la edificación según sus características específicas y así adecuar los requisitos necesarios para implementar un sistema contra incendios efectivo. Esta clasificación considera tres tipos de riesgos distintos (ligero, Ordinario y Extra) que se diferencian por el nivel de combustibilidad y la cantidad de elementos almacenados en el edificio, ya sean mercancías u otros materiales. La importancia de esta clasificación radica en asegurar que cada sistema de protección contra incendios se adapte adecuadamente a las necesidades y riesgos particulares de la edificación, garantizando una mayor seguridad y prevención en caso de una emergencia (NFPA, 2019a). Los riesgos de ocupación según la NFPA de los espacios de Corantioquia son:

Tabla 4

Riesgo por ocupación NFPA

Nivel 1			
Ocupación	Riesgo	Grupo	Justificación
Parqueadero	Ordinario	OH1	Ocupaciones con baja combustibilidad, moderada cantidad de combustible almacenado, y existencias de mercancías combustibles no superiores a 2,4 m de altura, esperando incendios de índice de liberación de calor moderado.
PAC	Ligero	Ligero	Ocupaciones con poca cantidad y/o combustibilidad de materiales, y se anticipa que los incendios tendrán un bajo índice de liberación de calor.
CAD	Ordinario	OH2	Ocupaciones con contenidos de moderada a alta cantidad y combustibilidad. Las existencias de mercancías almacenadas tienen un índice de liberación de calor moderado y no exceden los 3,7 m de altura, mientras que las mercancías con alto índice de liberación de calor no superan los 2,4 m de altura. (almacenamiento de archivos, en estanterías metálicas y cajas de cartón de altura de 2,48 m)
Vigilancia	Ligero	Ligero	Ocupaciones con poca cantidad y/o combustibilidad de materiales, y se anticipa que los incendios tendrán un bajo índice de liberación de calor.
Cuarto de planta telefónica UPS	Ligero	Ligero	Ocupaciones con poca cantidad y/o combustibilidad de materiales, y se anticipa que los incendios tendrán un bajo índice de liberación de calor.
Almacén	Ordinario	OH1	Ocupaciones con baja combustibilidad, moderada cantidad de combustible almacenado, y existencias de mercancías combustibles no superiores a 2,4 m de altura, esperando incendios de índice de liberación de calor moderado.
Almacenamiento de residuos	Ordinario	OH1	Ocupaciones con baja combustibilidad, moderada cantidad de combustible almacenado, y existencias de mercancías combustibles no superiores a 2,4 m de altura, esperando incendios de índice de liberación de calor moderado.
RESPEL	Ordinario	OH1	Ocupaciones con baja combustibilidad, moderada cantidad de combustible almacenado, y existencias de mercancías combustibles no superiores a 2,4 m de altura, esperando

Nivel 1			
Ocupación	Riesgo	Grupo	Justificación
			incendios de índice de liberación de calor moderado (Desechos orgánicos de animales).
Bodegas	Ordinario	OH2	Ocupaciones con baja combustibilidad y moderada cantidad de combustible almacenado. Las existencias de mercancías combustibles no superan los 2,4 m de altura, y se anticipa que los incendios tendrán un índice de liberación de calor moderado. (almacenamiento de frascos, herramientas, cajas de combustibilidad moderada o baja)
Oficinas	Ligero	Ligero	Ocupaciones con poca cantidad y/o combustibilidad de materiales, y se anticipa que los incendios tendrán un bajo índice de liberación de calor.
Cuarto de generación Eléctrica	Ordinario	OH2	Ocupaciones con contenidos de moderada a alta cantidad y combustibilidad. Las existencias de mercancías almacenadas tienen un índice de liberación de calor moderado y no exceden los 3,7 m de altura, mientras que las mercancías con alto índice de liberación de calor no superan los 2,4 m de altura. (Generador eléctrico y maquinas)
Cuarto de almacenamiento de aguas	Ordinario	OH1	Ocupaciones con baja combustibilidad, moderada cantidad de combustible almacenado, y existencias de mercancías combustibles no superiores a 2,4 m de altura, esperando incendios de índice de liberación de calor moderado. (Contiene Bomba y Breques reguladores de energía).
Veterinaria de paso	Ligero	Ligero	Ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos es baja y se esperan incendios con bajo índice de liberación de calor.

Nivel 2			
Ocupación	Riesgo	Grupo	Justificación
Oficinas (Subdirecciones, secretaria general, Oficina Asesora de Comunicaciones, Control Interno Disciplinario)	Ligero	Ligero	Ocupaciones con poca cantidad y/o combustibilidad de materiales, y se anticipa que los incendios tendrán un bajo índice de liberación de calor.
CIA	Ordinario	OH2	Ocupaciones con contenidos de moderada a alta cantidad y combustibilidad. Las existencias de mercancías almacenadas tienen un índice de liberación de calor moderado y no exceden los 3,7 m de altura, mientras que las mercancías con alto índice de liberación de calor no superan los 2,4 m de altura. (Estanterías con libros, presencia computadores)
Centro de cómputo y servidores	Ligero	Ligero	Ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos es baja y se esperan incendios con bajo índice de liberación de calor.

Nivel 3			
Ocupación	Riesgo	Grupo	Justificación
Auditorio	Ordinario	OH2	Ocupaciones con contenidos de moderada a alta cantidad y combustibilidad. Las existencias de mercancías almacenadas tienen un índice de liberación de calor moderado y no exceden los 3,7 m de altura, mientras que las mercancías con alto índice de liberación de calor no superan los 2,4 m de altura. (se considera ordinario tipo 2 por la zona de más riesgo del auditorio el escenario)

Nivel 3			
Ocupación	Riesgo	Grupo	Justificación
Oficinas	Ligero	Ligero	Ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos es baja y se esperan incendios con bajo índice de liberación de calor.
Servicio de alimentación	Ordinario	OH2	Ocupaciones con contenidos de moderada a alta cantidad y combustibilidad. Las existencias de mercancías almacenadas tienen un índice de liberación de calor moderado y no exceden los 3,7 m de altura, mientras que las mercancías con alto índice de liberación de calor no superan los 2,4 m de altura. (área de servicio, la cocina es de área pequeña 38 m ²)
Consultorio enfermería	Ligero	Ligero	Ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos es baja y se esperan incendios con bajo índice de liberación de calor.

Nivel 4			
Ocupación	Riesgo	Grupo	Justificación
Laboratorio de Gestión Ambiental	Ordinario	OH2	Ocupaciones con contenidos de moderada a alta cantidad y combustibilidad. La capacidad de líquidos inflamables, esperados típicamente es de (3,8 litros – 18,9 litros) en cualquier cuarto o área, tipo de incendio clase B. (NFPA 10,).
Cuarto de refrigeración	Ordinario	OH1	Ocupaciones con baja combustibilidad, moderada cantidad de combustible almacenado, y existencias de mercancías combustibles no superiores a 2,4 m de altura, esperando incendios de índice de liberación de calor moderado. (cuarto de máquinas)

Nivel 5			
Ocupación	Riesgo	Grupo	Justificación
Oficinas (Subdirección de Gestión Ambiental)	Ligero	Ligero	Ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos es baja y se esperan incendios con bajo índice de liberación de calor.

Nota. Clasificación de riesgo por ocupación basada en la NFPA 13 (2019).

Debido a la diversidad de ocupaciones, el riesgo por nivel se asigna según su ocupación más demandante, así el nivel de riesgo de cada nivel es:

Tabla 5

Riesgo de ocupación por Nivel

Nivel	Riesgo/Grupo
Nivel 1	Ordinario/ OH2
Nivel 2	Ordinario/ OH2
Nivel 3	Ordinario/ OH2
Nivel 4	Ordinario /OH2
Nivel 5	Ligero/ligero

Nota. Clasificación de riesgo por ocupación basada en la NFPA 13 (2019).

4.3.3 Evaluación de red de acuerdo a la NFPA 14

4.3.3.1 Evaluación de tuberías válvulas y componentes de la red de acuerdo a la NFPA 14 y la NTC 1669

La normativa NTC 1669 establece diversas exigencias para la red contra incendios en lo que respecta a tuberías, estaciones de manguera, soportes, indicadores de presión, válvulas de retención, aislamiento de redes principales, válvulas listadas de tipo indicador, conexión de bomberos y señalización para bombas de abastecimiento de agua.

Cedula de tubería: de acuerdo con ICONTEC (2009) se requiere que las tuberías de acero acopladas por accesorios con rosca tengan un espesor mínimo de pared de cédula 40 para diámetros menores de 8 in. En el caso de las tuberías de Corantioquia, que tienen diámetros inferiores a 8 in, no se dispone de información sobre el tipo de cédula que poseen.

Estación de mangueras: las conexiones de manguera ubicadas dentro del gabinete deben contar con un espacio libre de al menos 1 in entre cualquier parte del gabinete y la cruceta de la válvula, en todas las posiciones desde totalmente abierta hasta totalmente cerrada (ICONTEC, 2009). Los gabinetes de Corantioquia, tienen el espacio adecuado para abrir o cerrar la válvula con total libertad.

Mangueras: conforme a ICONTEC (2009) las estaciones de manguera destinadas para personal entrenado (Sistemas Clase II) deben estar equipadas con mangueras de incendio listadas de 1 ½ in, con una longitud máxima de 30,5 m. Las mangueras de los gabinetes cumplen con la normativa, ya que tienen una longitud de 30,5 metros.

Soporte de mangueras: todas las estaciones de manguera de 1 ½ in deben tener un soporte listado u otro sistema de almacenamiento aprobado (ICONTEC, 2009). en su totalidad las mangueras en Corantioquia carecen de soporte.

Indicadores de presión: se debe instalar un indicador de presión listado de tipo resorte con carátula de 3 ½ in (90 mm) en varias ubicaciones de la red contra incendios (ICONTEC, 2009). Las redes en Corantioquia carecen de indicadores de presión en la tubería de descarga de la bomba, en la tubería de drenaje y en extremos superiores de las redes principales.

Válvulas de retención: la NTC 1669 exige la instalación de válvulas de retención y del tipo indicador cerca de las fuentes de abastecimiento, como tanques, bombas y conexiones a sistemas públicos de abastecimiento (ICONTEC, 2009). Corantioquia cuenta con algunas válvulas de retención, pero no están ubicadas cerca de la fuente de agua y no cumplen con el tipo de válvulas requeridas.

Aislamiento de redes principales: se requiere la instalación de válvulas que permitan aislar cada una de los montantes sin interrumpir el abastecimiento a las demás desde la misma fuente de suministro (ICONTEC, 2009). la red contra incendios de Corantioquia no tiene válvulas que permitan aislar cada una de las redes principales verticales, como exige la norma.

Válvulas listadas de tipo indicador: según ICONTEC (2009) se deben instalar válvulas listadas de tipo indicador en la salida de la red principal para controlar ramales que abastecen estaciones de manguera remotas. No se cuenta con válvulas que permitan aislar ramales de la tubería principal en Corantioquia.

Conexión de Bomberos: se debe evitar la instalación de válvulas de corte entre la conexión de bomberos y el sistema (ICONTEC, 2009). La conexión de bomberos de la sede central tiene una válvula de corte tipo compuerta.

Señalización para bombas de abastecimiento de agua: la NTC 1669 advierte que la instalación de señalización cerca del equipo de bombeo contra incendio es necesaria, indicando la presión mínima y caudal requeridos (ICONTEC, 2009). Sin embargo, en la red de Corantioquia,

no se detalla la capacidad de los mecanismos de impulsión ni en las conexiones de bomberos, lo que implica una falta de señalización adecuada.

Soporte de tuberías: la red contra incendios de Corantioquia emplea dos tipos de soportes de tuberías, el soporte tipo horquilla con varilla y el perno en U con apoyo metálico y varilla en ambos extremos. Las varillas de soporte en ambos casos tienen un diámetro de 3/8 in, lo cual cumple con las normativas, ya que para tuberías de hasta 4 in se requiere este diámetro. Asimismo, el diámetro de las varillas en los pernos en U también se ajusta a la normativa, siendo adecuado para tuberías de hasta 3 in de diámetro (NFPA, 2019a).

Red de drenaje: la red contraincendios de Corantioquia no posee drenajes en sus montantes verticales, se debe proveer un tubo elevado de drenaje de 3 in de diámetro permanentemente instalado adyacente a cada red principal equipada con dispositivos reguladores de presión para facilitar las pruebas de cada dispositivo (NFPA, 2019b).

La red contra incendios en Corantioquia presenta discrepancias con la normativa NTC 1669 y NFPA 14 en varios aspectos. la falta de soporte para las mangueras, la ausencia de indicadores de presión y válvulas de retención adecuadas, válvulas de sectorización de montantes, así como la insuficiente señalización en las conexiones de bomberos y bombas de abastecimiento de agua. Estos hallazgos resaltan la necesidad de ajustar y mejorar la infraestructura para cumplir con los estándares de seguridad contra incendios establecidos.

4.3.4 Evaluación de espacios cubiertos por mangueras de acuerdo a la NFPA 14

La evaluación de las áreas cubiertas por los gabinetes se basa en la siguiente norma establecida por la NFPA 14: los sistemas clase II deben estar provistos de estaciones de manguera de modo que todas las partes de cada piso del edificio estén dentro de 39,7 m de distancia desde una conexión de manguera provista con manguera de 1 ½ pulgadas de diámetro o dentro de 39,7 m de distancia desde una conexión de manguera provista con manguera de menos de 1 ½ in de diámetro (NFPA, 2019b). La distancia se debe medir a lo largo de un recorrido que se origine en la conexión de manguera.

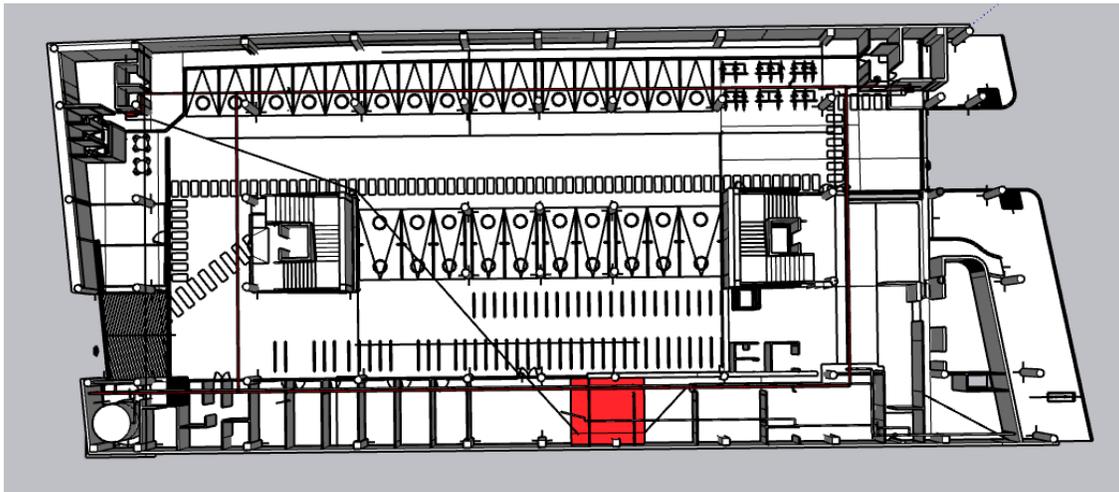
Como las mangueras utilizadas en los gabinetes son de 1 ½ in de diámetro y de 30 m de longitud para tener una protección adecuada en cada nivel se debe tener la posibilidad de acceder a un gabinete desde cualquier ubicación del nivel a máximo de 39,7 m, en pocas palabras la

distancia máxima que se debe recorrer desde cualquier posición para llegar a un gabinete es de 39,7 m teniendo en cuenta posibles obstáculos estructurales como muros, columnas etc. Para la evaluación de zonas cubiertas por mangueras la normativa recomienda el trazado de rutas a mangueras que eviten obstáculos a una distancia de 30 cm (NFPA, 2019b). Así mediante el uso de Sketchup se evalúa la distancia cubierta por gabinetes en cada nivel, obteniendo los siguientes resultados.

Nivel 1: Los dos gabinetes de este nivel, ubicados paralelamente en el costado sur, no protegen todo el nivel; no alcanzan a cubrir una pequeña zona de las bodegas y el CAD.

Figura 6

Área protegida por gabinetes nivel 1 (Red actual).



* El área roja señala la sección del primer nivel que no es cubierta por los gabinetes.

Fuente. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022) y su red contra incendios actual.

Nivel 2: los cuatro gabinetes disponibles, ubicados en los costados noroeste, suroeste, noreste y sureste, protegen toda el área de este nivel.

Nivel 3: se puede acceder al menos a uno de los 3 gabinetes de este nivel que están en los lados suroeste, sureste y noroeste, a una distancia máxima de 39,7 m desde cualquier ubicación.

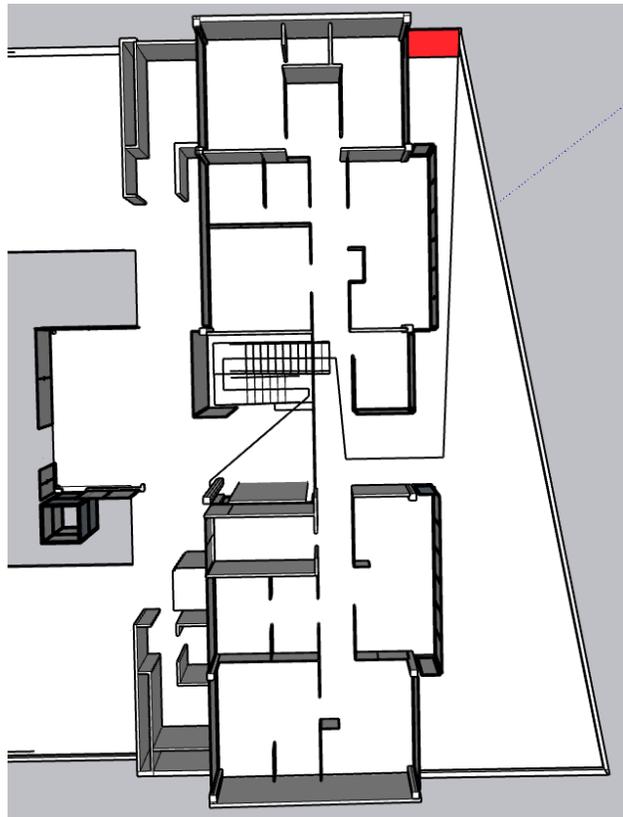
Nivel 4: el gabinete de este nivel es accesible desde cualquier parte del nivel, Debido al posible tipo de fuego que se puede generar (tipo B con presencia de reactivos que no se pueden extinguir con el uso de agua), en el laboratorio se utilizan extintores a base de CO₂ como método

de protección en lugar de gabinetes, ubicados en posiciones estratégicas que pueden proteger todo el laboratorio.

Nivel 5: en este nivel se utiliza el gabinete del piso 4, sin embargo, no cubre completamente todo el nivel, dejando una zona pequeña del balcón sin protección.

Figura 7

Área cubierta por gabinete nivel 5 (Red actual).



* El área roja señala la sección del primer nivel que no es cubierta por los gabinetes.

Fuente. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022) y su red contra incendios actual.

4.3.5 Evaluación del cuarto de bombas de acuerdo a la NFPA 20

Tanque de Almacenamiento: el tanque actual de 12 m³ no cumple con la normativa NFPA 14, que exige un mínimo de 22,7 m³ para garantizar un suministro de agua de al menos 60 minutos en caso de incendio. Esto afecta directamente la función principal del tanque, que es abastecer al sistema contra incendios (NFPA, 2019c).

Tubería de Succión: el diámetro de la tubería de succión es de 2 in, lo cual cumple con la normativa, ya que para redes contra incendio con un caudal de diseño de 100 gpm, se recomienda una tubería de succión de 2 in. Sin embargo, es importante señalar que la tubería de succión cuenta con una te que desvía el flujo de agua hacia un lado para abastecer la bomba. Esto no está en conformidad con la NFPA 20, que establece que, en sentido horizontal, la tubería que conecta el tanque con la válvula debe ser recta, sin desvíos, para evitar la generación de flujo turbulento que pueda afectar el funcionamiento de la bomba (NFPA, 2019c).

Manómetros: se dispone de un manómetro en la tubería de descarga del tanque hidroneumático, lo cual se ajusta parcialmente a la normativa. La NFPA 20 recomienda la instalación de un manómetro en la tubería de succión antes de llegar a la bomba, así como otro en la tubería de descarga (NFPA, 2019c).

Manómetros: se dispone de un manómetro en la tubería de descarga del tanque hidroneumático, lo que satisface parcialmente la normativa. La NFPA 20 recomienda la instalación de un manómetro en la tubería de succión antes de llegar a la bomba, así como otro en la tubería de descarga (NFPA, 2019c).

Bomba Principal: la bomba principal actual no cumple con su función principal, ya que su curva característica no garantiza la presión residual requerida en el gabinete más extremo.

Dispositivo Regulador de Presión: se utiliza un tanque hidroneumático con presostato configurado con presiones de arranque y apagado de 15 psi y 40 psi, respectivamente su estado es bueno. Sin embargo, debido a que la bomba principal no cumple con la normativa, el dispositivo de regulación de presión no contribuye a mantener rangos de presión adecuados para que el sistema contra incendios proteja eficientemente las instalaciones de Corantioquia.

Tablero de Control: a pesar de que se dispone de un tablero de control que gestiona el encendido y apagado de la bomba, es importante señalar que su alimentación no es independiente, lo cual es un requisito de la norma (NFPA, 2019c).

4.3.6 Extintores

La evaluación de los extintores en Corantioquia resalta su disposición estratégica para afrontar diversos tipos de incendios. En los niveles 1, 2 y 3, se han instalado gabinetes tipo ABC en pasillos y lugares clave, como las entradas de las oficinas, garantizando una respuesta inmediata. Además, en el nivel 4, estos gabinetes se encuentran en ubicaciones estratégicas como el pasillo, la entrada del laboratorio y la zona de procesos fisicoquímicos, adaptándose a riesgos específicos (Lyman, 2018).

Un enfoque específico en el nivel 1 se ve reflejado en la colocación de gabinetes multipropósito tipo ABC y PQS polvo químico cerca de los gabinetes y en las inmediaciones del parqueadero y CAD, asegurando una protección integral. Además, se han colocado extintores a base de CO₂ en los pasillos y oficinas accesibles de los niveles 2 y 3, adaptándose a las necesidades de seguridad en espacios de oficina.

La presencia de extintores tipo B de CO₂ en el nivel 4, ubicados estratégicamente en el pasillo, la entrada del laboratorio y la zona de procesos fisicoquímicos, refuerza la preparación ante riesgos por líquidos inflamables.

Este enfoque integral se complementa con programas de mantenimiento anuales y charlas de uso en colaboración con la brigada de emergencias, garantizando la funcionalidad de los extintores y la capacitación adecuada del personal (NFPA, 2013).

4.4 Evaluación hidráulica de sistema de montantes y mangueras

Caudal de operación: para sistemas con gabinetes clase II, el caudal mínimo requerido para la conexión hidráulica más remota es de 6,3 l/s. No se necesitan caudales adicionales en otras conexiones (NFPA, 2019b).

Presión de operación: según NTC 1669 la presión residual mínima de operación en el gabinete más alejado de la red debe ser de 45,7 mca. Considerando que los gabinetes tipo II son los utilizados en Corantioquia, la presión máxima permitida es de 70,3 mca. En cuanto a la presión estática, se establece un límite máximo de 123 mca (NFPA, 2019b).

Capacidad de tanque de almacenamiento: dado que la NFPA 13 recomienda un tiempo de operación de 60 min para sistemas de riesgo ordinario, y considerando que el riesgo máximo cubierto por el sistema de mangueras es ordinario, la capacidad del tanque de almacenamiento debe ser igual al producto del caudal de operación por el tiempo de operación (NFPA, 2019a).

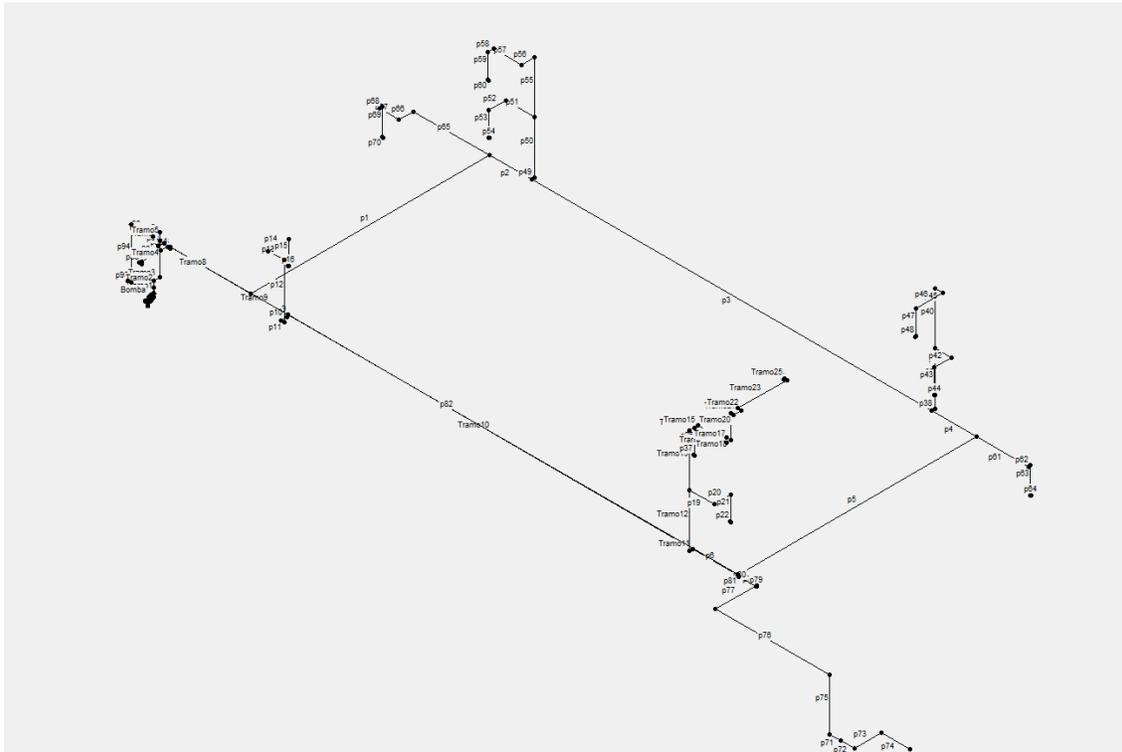
*Caudal de operacion * Tiempo de operacion = Volumen de tanque de almacenamiento*

$$0,0063 \frac{m^3}{s} * 3600 s = 22,7 m^3$$

La cantidad de agua que dispone el tanque de almacenamiento de 12 m³ es insuficiente.

4.4.1 Modelación en Epanet

Isométrico: Para la modelación del sistema es necesario contar con un esquema de la red. Un isométrico de la distribución de las tuberías permite esquematizar la red de manera adecuada. Para realizar el isométrico, se utiliza Sketchup y posteriormente se convierte el archivo a formato .net. Luego, se agregan las propiedades a las tuberías, como rugosidad, diámetro, pérdidas, entre otros ver Figura 8. También se incluyen propiedades importantes en la modelación, tales como las características de los puntos de conexión o nodos, como la demanda base y la altura.

Figura 8*Isométrico de red en Epanet (Red actual).*

Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022) y su red contra incendios actual.

Unidades y ecuación de simulación: en la simulación, se utilizaron unidades de medida internacionales junto con la ecuación de Hazen-Williams.

Diámetro interno: se supone tubería de cedula de 40.

Tanque de almacenamiento y bomba: El tanque de almacenamiento y la bomba del sistema son componentes importantes ya que se encargan de la disponibilidad e impulsión de agua respectivamente, Epanet permite esquematizarlos y conferirles propiedades.

Tanque de almacenamiento: la cota del tanque de almacenamiento es de 0 m, el tanque esta sobre la losa, se usa como nivel de referencia.

Nivel mínimo: el nivel más bajo con el que el tanque funcionará. El nivel mínimo del sistema es 0,1 m que es la altura de ubicación de la salida del agua del tanque con respecto al nivel de referencia.

Nivel máximo: esta característica define el punto más alto al que el nivel del agua en el tanque puede llegar. La altura máxima del tanque es de 4,52 m.

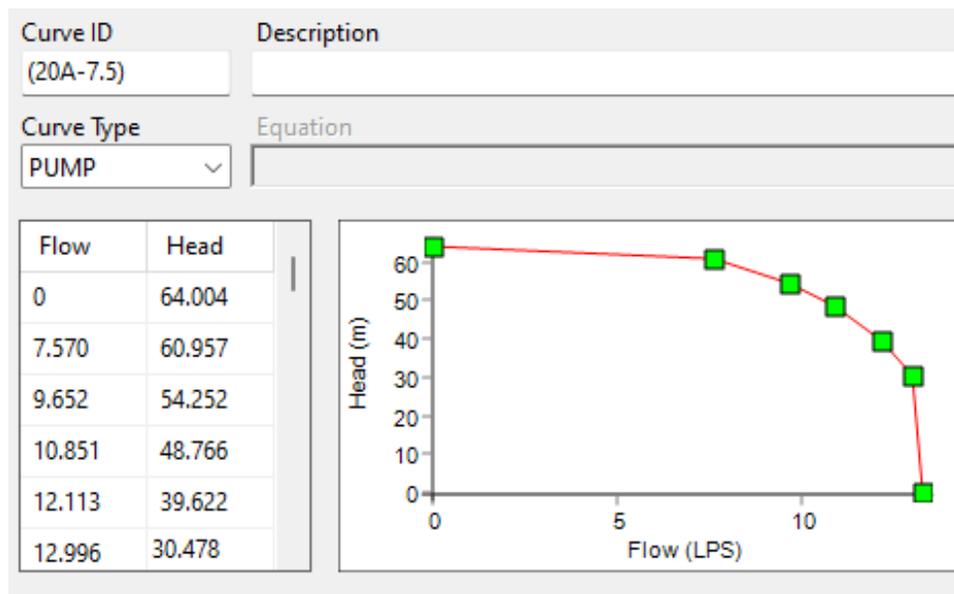
Nivel inicial: la altura de inicio en la modelación es igual a la destinada para el funcionamiento de la red contra incendios 2,26 m.

Diámetro: el diámetro del tanque de almacenamiento es de 2,6 m.

Bomba: en Epanet, se puede crear una curva característica específica para cada bomba, que representa las características de la bomba. La curva relaciona el caudal (l/s) en el eje x y la altura dinámica total o altura manométrica (m) en el eje y, simulando el rendimiento de la bomba considerando su eficacia. Para construir esta curva, Epanet requiere por lo menos un punto de la curva proporcionado por el fabricante (IGNACIO GÓMEZ IHM SAS), o sea, un valor de caudal y otro de altura dinámica total (De Plaza, 2017). Para crear la curva característica de la bomba, se recurrió a la información proporcionada por el fabricante, digitando 7 puntos en la curva de la bomba para lograr una esquematización más precisa.

Figura 9

Curva característica de la bomba contra incendios (Red actual).



Nota. Fuente elaboración propia en Epanet, basado en (IHM S.A., 2016).

Perdidas locales: es la disminución de la energía total disponible generada por los accesorios de la red como codos, uniones, válvulas, etc., En el tramo de la red que va desde la

captación del tanque hasta el gabinete más alejado, ubicado en el piso 4, se presentan las siguientes pérdidas:

Tabla 6

Pérdidas locales (Red actual).

Tramo	Accesorios	Sumatoria de pérdidas locales
1	Entrada de borda, válvula de bola, te paso directo, codo de 90°, codo de 90°, te paso de lado	4,75
2	Válvula check, te paso directo, codo de 90°	3,6
3	Te paso directo, codo de 90°	1,1
4	Válvula check, válvula de bola	2,55
5	Ampliación brusca, codo de 90°	1
6	Te paso de lado	1,8
7	Te paso directo	0,3
8	Te paso directo	0,3
9	Te paso directo	0,3
10	Te paso de lado	1,8
11	Codo de 90°	0,8
12	Te paso directo	0,3
13	Codo de 90°	0,8
14	Te paso directo	0,3
15	Codo de 90°	0,8
16	Codo de 90°	0,8
17	Codo de 90°	0,8
18	Codo de 90°	0,8
19	Codo de 90°	0,8
20	Codo de 90°	0,8
21	Codo de 90°	0,8
22	Codo de 90°	0,8
23	Codo de 90°	0,8
24	Codo de 90°	0,8
25	Válvula angular	5

* Las pérdidas totales son iguales a la suma de los factores de pérdidas de los accesorios en cada tramo.

Nota. Los factores de pérdidas locales fueron obtenidos de varias fuentes literarias (CONAGUA, 2002; Munson et al., 1990; Sotelo, 1982).

4.4.2 Presión en modelación

Se ha identificado que la presión residual en el gabinete más extremo, considerando las características actuales de la red, es de 10,66 mca (15,16 psi) ver Tabla 7, lo cual es inferior al valor exigido por la normativa (NTC 1669) de 65 psi. Es necesario tomar medidas para cumplir con la presión establecida por la normativa.

Tabla 7

Propiedades de nodos en ruta crítica (Red actual)

ID	Cota (m)	Demanda Base (l/s)	Altura Total (mca)	Presión (mca)
Gabinete 10	15,836	6,3	26,5	10,66
Nodo 25	15,84	0,00	32,42	16,58
Nodo 24	15,84	0,00	33,50	17,66
Nodo 23	15,84	0,00	37,53	21,69
Nodo 22	15,84	0,00	38,67	22,83
Nodo 21	15,84	0,00	40,07	24,23
Nodo 20	15,84	0,00	41,15	25,31
Nodo 19	13,84	0,00	43,55	29,72
Nodo 18	13,84	0,00	44,78	30,95
Nodo 17	13,47	0,00	45,99	32,51
Nodo 16	13,47	0,00	48,74	35,26
Nodo 15	13,47	0,00	49,89	36,42
Nodo 14	13,47	0,00	50,57	37,10
Nodo 13	9,06	0,00	54,74	45,68
Nodo 12	4,54	0,00	55,85	51,32
Nodo 11	4,54	0,00	56,26	51,73
Nodo 10	4,54	0,00	56,73	52,20
Nodo 9	4,54	0,00	56,78	52,25
Nodo 8	4,54	0,00	57,04	52,51
Nodo 7	4,54	0,00	57,10	52,57
Nodo 6	4,54	0,00	57,28	52,75
Nodo 5	3,94	0,00	57,39	53,45
Nodo 4	1,19	0,00	59,08	57,89
Nodo 3	1,19	0,00	59,67	58,48
Nodo 2	1,06	0,00	61,26	60,20
Nodo 1	0,49	0,00	63,73	63,24
Tanque	0	-6,30	2,26	2,26

*El caudal negativo en el tanque representa la salida de caudal de este.

* Obtenida a partir de la modelación de la red actual de Corantioquia en Epanet.

Tabla 8*Propiedades de tramos en ruta crítica (Red actual)*

ID Tramo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad HW	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Pérdida unitaria (m/km)	Factor de fricción
Tramo 25	0,073	40,89	120	6,3	4,8	81033,54	2,826
Tramo 24	0,195	40,89	120	6,3	4,8	5541,98	0,193
Tramo 23	4,224	40,89	120	6,3	4,8	954,16	0,033
Tramo 22	0,277	40,89	120	6,3	4,8	4118,11	0,144
Tramo 21	0,632	40,89	120	6,3	4,8	2216,16	0,077
Tramo 20	0,197	40,89	120	6,3	4,8	5493,14	0,192
Tramo 19	2,001	40,89	120	6,3	4,8	1200,84	0,042
Tramo 18	0,4	40,89	120	6,3	4,8	3076,92	0,107
Tramo 17	0,361	40,89	120	6,3	4,8	3330,22	0,116
Tramo 16	2,474	40,89	120	6,3	4,8	1111,23	0,039
Tramo 15	0,3	40,89	120	6,3	4,8	3858,51	0,135
Tramo 14	0,45	40,89	120	6,3	4,8	1513,72	0,053
Tramo 13	4,412	40,89	120	6,3	4,8	944,7	0,033
Tramo 12	4,526	52,5	120	6,3	2,91	245,3	0,03
Tramo 11	0,3	52,5	120	6,3	2,91	1367,17	0,166
Tramo 10	34,82	77,93	120	3,72	0,78	13,54	0,034
Tramo 9	3,187	77,93	120	3,72	0,78	14,85	0,037
Tramo 8	7,419	77,93	120	6,3	1,32	35,24	0,031
Tramo 7	1,006	77,93	120	6,3	1,32	58,15	0,051
Tramo 6	0,625	77,93	120	6,3	1,32	287,57	0,252
Tramo 5	0,6	77,93	120	6,3	1,32	179,76	0,158
Tramo 4	2,745	52,5	120	6,3	2,91	617,5	0,075
Tramo 3	0,534	52,5	120	6,3	2,91	1105,45	0,135
Tramo 2	0,135	52,5	120	6,3	2,91	11721,7	1,426
Tramo 1	1,946	52,5	120	6,3	2,91	1269,8	0,154
Bomba	#N/A	#N/A	#N/A	6,3	0	-61,47	0

*#N/A significa no aplicable en el caso de la bomba los valores de longitud, diámetro y rugosidad no son aplicables.

*El valor negativo de la pérdida unitaria en la bomba representa la impulsión del agua.

* Obtenida a partir de la modelación de la red actual de Corantioquia en Epanet.

5 Análisis

La sede central de Corantioquia se clasifica como de ocupación mixta debido a la diversidad de espacios presentes en sus instalaciones. Esto implica la necesidad de contar con un sistema de protección contra incendios combinado que incluya rociadores, gabinetes y extintores. Conforme a la NFPA 13, los niveles del 1 al 4 del edificio se catalogan como de riesgo ordinario 2 (OH2), mientras que el nivel 5 se considera de riesgo ligero, basándose en el área de mayor vulnerabilidad en cada nivel. Por lo tanto, la red contra incendios del edificio debe cumplir con los requisitos de un sistema de riesgo ordinario tipo 2.

Los resultados de la actualización de planos se basan en visitas in situ y una revisión de los planos existentes. Se detectó que los planos previos carecían de detalles importantes, como la ubicación del gabinete del cuarto nivel y las especificaciones del cuarto de bombas, lo que evidencia su desactualización. Sin embargo, se destaca que las tuberías, accesorios y bombas se encuentran en óptimas condiciones. Como solución, se generaron nuevos planos actualizados utilizando el software Sketchup. Este proceso ha permitido corregir las deficiencias en la documentación y garantizar una representación precisa de las instalaciones.

La evaluación de las tuberías, válvulas y componentes de la red según NFPA 14 y NTC 1669 ha revelado deficiencias en las instalaciones de Corantioquia. Se ha encontrado una falta de documentación sobre la cédula de tubería utilizada, lo que genera incertidumbre respecto al cumplimiento de los espesores mínimos requeridos. Además, se ha observado una carencia de soporte para las mangueras en los gabinetes, esto representa un riesgo para la seguridad (D. Nolan, 1996). La ausencia de indicadores de presión en ubicaciones clave y la instalación de válvulas de retención que no cumplen con los estándares de tipo indicador cerca de las fuentes de abastecimiento van en contra de la normativa. Se ha detectado la falta de válvulas que permitan aislar las redes principales verticales, lo cual dificulta el mantenimiento y reparación de la red.

La señalización en las conexiones de bomberos y la bomba de abastecimiento de agua es insuficiente. A pesar de que los soportes de tuberías y el diámetro de las varillas en los pernos cumplen con las normativas, la red contraincendios carece de drenajes en sus montantes verticales, deficiencia que puede complicar reparaciones y modificaciones futuras.

La evaluación de los espacios cubiertos por los gabinetes según la NFPA 14 muestra carencias en el nivel 1 y nivel 5, no tienen cobertura completa, esto revela la necesidad de mejorar

la distribución de gabinetes en esos pisos. El nivel 2 y 3 cuentan con una protección adecuada, al menos uno de los gabinetes es accesible desde cualquier ubicación en esos niveles. En el nivel 4, debido al posible riesgo de incendios que no pueden extinguirse con agua, se emplean extintores de CO₂ en el laboratorio. Es crucial tomar medidas para mejorar la cobertura en los niveles deficientes y asegurar una protección efectiva en todas las áreas.

La evaluación del cuarto de bombas según la NFPA 20 muestra incumplimientos significativos. El tanque de almacenamiento de 12 m³ no cumple con el requisito mínimo de 22,7 m³ para un suministro de agua durante 60 minutos en caso de incendio. La tubería de succión presenta una te antes de la conexión a la bomba, violando la normativa que exige una tubería recta en sentido horizontal. Aunque hay un manómetro en la tubería de descarga del hidroneumático, falta uno en la tubería de succión. La bomba principal no garantiza la presión residual necesaria en el gabinete más alejado ubicado en el cuarto nivel. El dispositivo regulador de presión, un tanque hidroneumático, funciona con valores inadecuados. La energía que alimenta el cuarto de bombas no cumple con el requisito de ser independiente según la NFPA 20. Se requieren mejoras sustanciales para adecuar el cuarto de bombas a las normativas y asegurar la efectividad del sistema de protección contra incendios de Corantioquia.

La disposición estratégica de los extintores en Corantioquia es notable para hacer frente a diferentes tipos de incendios. Los niveles 1, 2 y 3 están equipados con gabinetes tipo ABC en lugares clave, como pasillos y accesos a oficinas, asegurando una disposición conveniente, el nivel 4 cuenta con extintores de CO₂ en el laboratorio. En el nivel 1, se destacan los gabinetes multipropósito y PQS de polvo químico ubicados cerca del parqueadero y accesos a oficinas. Además, se han colocado extintores de CO₂ en los niveles 2 y 3. La presencia de extintores tipo B de CO₂ en el nivel 4 fortalece la preparación ante incendios con líquidos inflamables. Esta distribución estratégica se complementa con programas de mantenimiento y capacitación para asegurar la funcionalidad y el conocimiento adecuado del personal.

Por último, la modelación hidráulica en Epanet revela un problema significativo en la red. La presión residual en el gabinete más alejado es de 15,16 psi, muy por debajo del mínimo requerido de 65 psi (NFPA, 2019b). Esto indica una clara necesidad de tomar medidas para corregir esta deficiencia y garantizar que se cumplan los estándares de presión establecidos por la normativa.

6 Propuesta de mejora

6.1 Descripción del sistema propuesto

En conformidad con las recomendaciones establecidas en la NSR 10 para edificios de ocupación mixta, se ha formulado una propuesta de sistema contra incendios combinado que incorpora una protección mediante gabinetes y rociadores. Con el objetivo de superar las deficiencias que han sido señaladas en relación con el sistema vigente, con la finalidad de fortalecer la seguridad del personal afiliado a Corantioquia en situaciones de incendio.

Se propone una protección parcial de rociadores asignados estratégicamente para cubrir puntos críticos donde las características y el uso de las áreas aumentan el potencial y la gravedad de posibles incendios. Entre las ubicaciones priorizadas se encuentran el centro de administración de datos (CAD), el parqueadero y centro de información ambiental (CIA), en virtud de su mayor propensión y riesgo de enfrentar eventos de conflagración. Por su parte, los gabinetes se destinarán a proteger el resto de zonas del edificio. La propuesta sugiere ubicarlos de manera que su identificación sea sencilla y estén situados cerca de las rutas de evacuación, tanto en las entradas del nivel 1 como en proximidad a las escaleras de los niveles superiores.

La propuesta plantea la implementación de un sistema húmedo automático de rociadores estándar y gabinetes. El diseño consiste en la instalación de un depósito de almacenamiento de agua subterráneo, conectado a una sala contigua que alberga las bombas y los demás componentes de impulsión necesarios para el suministro de agua. Desde esta sala, se distribuye agua a todo el edificio. En el nivel 1, se implementa un sistema de rociadores dispuestos en forma de anillo, garantizando la cobertura tanto del parqueadero como del CAD. Adicionalmente, en este nivel se localizan dos gabinetes en proximidad de las salidas. La red principal horizontal, que adopta una forma rectangular, alimenta dos montantes verticales en los costados noroeste y sureste del edificio. Estos montantes ascienden por los conductos verticales (buitrones) hasta alcanzar el segundo nivel. En este piso, se dispone un sistema de rociadores en el CIA, acompañado de dos gabinetes adyacentes a las escaleras. Uno de estos gabinetes, ubicado en el lado oeste, y el centro de información ambiental son abastecidos por el montante vertical del costado noroeste. Por otro lado, el montante vertical del costado sureste alimenta el gabinete restante del segundo nivel.

En el tercer nivel, la protección es conferida por medio de dos gabinetes estratégicamente ubicados en los lados noroeste y sureste, en proximidad al auditorio y la sala de juntas, respectivamente. El montante vertical del costado noroeste, ascendiendo a través del buitrón, alimenta el gabinete en el cuarto nivel, que a su vez se encuentra cerca de las escaleras y tiene la función de salvaguardar este nivel. En el caso del laboratorio, donde se manipulan reactivos inflamables con potencial de generar incendios de tipo B (líquidos inflamables), se recomienda continuar con la disposición de extintores tipo B de espuma o polvo.

Finalmente, en el quinto nivel, destinado a oficinas, se propone un gabinete cercano a las escaleras. Como parte de la propuesta, se contempla la incorporación de dos conexiones destinadas a bomberos, localizadas en los extremos este y oeste de la fachada del edificio. Estas conexiones pretenden facilitar el acceso rápido y efectivo de las autoridades en caso de emergencia, maximizando la capacidad de respuesta ante situaciones de incendio.

6.1.1 Descripción del sistema de rociadores

El sistema de rociadores seleccionado es estándar montante, los cuales han sido distribuidos de manera estratégica para cubrir de forma integral el área bajo su protección. Se evita cualquier posible obstrucción que pueda afectar el funcionamiento óptimo de los rociadores, en total conformidad con los requisitos de instalación establecidos en las normativas vigentes (NFPA 13 capítulo 11). Tanto el área de cobertura como las especificaciones técnicas de los rociadores son determinadas en función del riesgo más grave asociado al nivel al que proporcionan protección. De esta manera, el sistema de rociadores del nivel 1, que incluye el parqueadero y el CAD, ha sido configurado para atender riesgos de tipo Ordinario Tipo 2. Esta misma categoría de riesgo también es abordada por los rociadores que protegen el CIA.

Tipo de Rociador: la tipificación del rociador en función de la temperatura, empleado en el sistema propuesto, es ordinaria. Las condiciones ambientales del entorno no exigen una temperatura diferente a la temperatura ambiente, por lo tanto, tienen una temperatura de activación de 57°C y color del bulbo en tonos rojos o naranjas (NFPA, 2019a).

Factor K: la elección del factor K obedece a dos aspectos: la categoría de riesgo y la altura del techo. Dado que la altura del techo en las instalaciones de Corantioquia es de 4 m, junto a un

nivel de riesgo considerado ordinario, se recomienda la implementación de rociadores con un factor K equivalente a $8 \text{ gpm}/(\text{psi})^{1/2}$, con conexiones de 3/4 in NPS (NFPA, 2019a).

Obstrucciones: con el objetivo de prevenir obstrucciones, se establece que el deflector de los rociadores debe estar posicionado en un plano horizontal ubicado a 1 pulgada por debajo de cualquier obstrucción horizontal presente en el entorno. En el caso de obstrucciones verticales, generadas por columnas, los rociadores deben ser ubicados a una distancia de 1,5 m, tres veces la dimensión más extensa de la obstrucción vertical en cuestión (0,50 m) (NFPA, 2019a).

Altura: los deflectores de los rociadores se encuentran a una altura aproximada de 3,7 m con respecto a la losa, lo cual responde a la existencia de obstrucciones ocasionadas por tuberías (NFPA, 2019a).

6.2 Diseño de sistema de rociadores

En el proceso de diseño del sistema de rociadores, se emplea el método de densidad/área, tomando en consideración las siguientes premisas:

Área de diseño: la elección del área de diseño del sistema de rociadores, tanto para los niveles 1 como 2, es de aproximadamente 1500 ft^2 (139 m^2). Esta elección conlleva una densidad de $0,2 \text{ gpm}/\text{ft}^2$ (NFPA, 2019a).

Área de cobertura por rociador: para determinar el área abarcada por cada rociador, es necesario medir la distancia entre rociadores dentro del mismo ramal, así como la distancia entre ramales, y luego multiplicar ambas longitudes (NFPA, 2019a).

Número de rociadores en el área de diseño: este valor representa la razón entre el área de diseño y el área de cobertura, lo que indica el número de rociadores requeridos para garantizar una protección adecuada en el área de diseño (NFPA, 2019a).

Forma del área de diseño: la NFPA recomienda una forma rectangular para el área de diseño. No obstante, si esto no es posible, se sugiere una forma compuesta por rectángulos contiguos.

Ancho del área de diseño: se busca que el lado más extenso del área de diseño tenga una longitud de 1,2 veces la raíz cuadrada del área de diseño, con el objetivo de asegurar un 20% de diferencia entre los lados más extensos y más cortos (NFPA, 2019a).

Cantidad de rociadores en el lado más largo: se privilegia la dirección en la que se extienden los ramales como la más larga, lo que significa que el número de rociadores en esta dirección debe ser mayor. Este número se obtiene mediante la razón entre el área de diseño y el ancho del área de diseño (NFPA, 2019a).

Demanda de caudal por rociador: este valor se calcula multiplicando la raíz cuadrada de la presión del rociador por el factor K, asumiendo una presión mínima de 7 psi, lo que proporciona el caudal necesario por rociador.

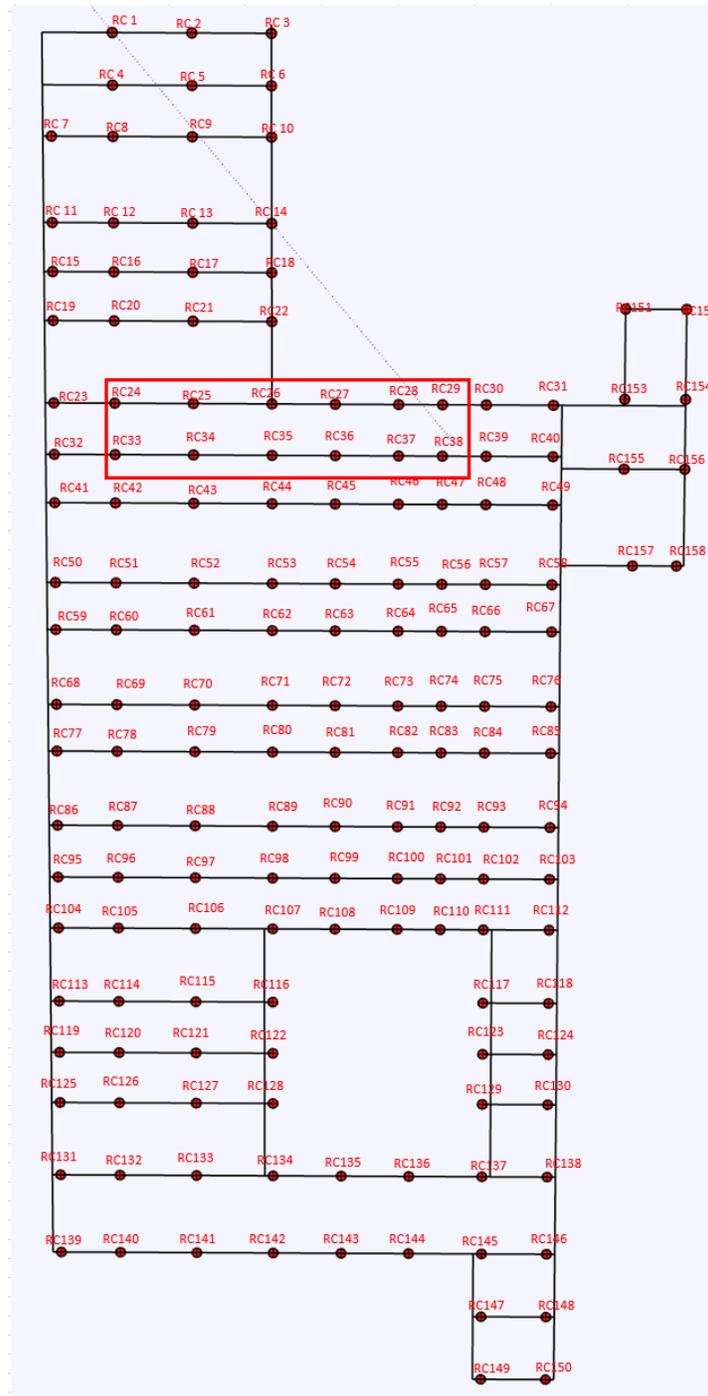
Demanda de caudal en el sistema de rociadores: para determinar el caudal total de diseño requerido para el sistema de rociadores, se selecciona el valor más alto entre dos enfoques: el producto entre la densidad y el área de diseño, y la multiplicación entre el número de rociadores en el área de diseño y la demanda de caudal por rociador.

En la Tabla 9 se detallan los valores correspondientes a: área de cobertura por rociador, número de rociadores en el área de diseño, ancho del área de diseño, cantidad de rociadores en el lado más largo, demanda de caudal por rociador y demanda de caudal en el sistema para los rociadores de los niveles 1 y 2.

Tabla 9

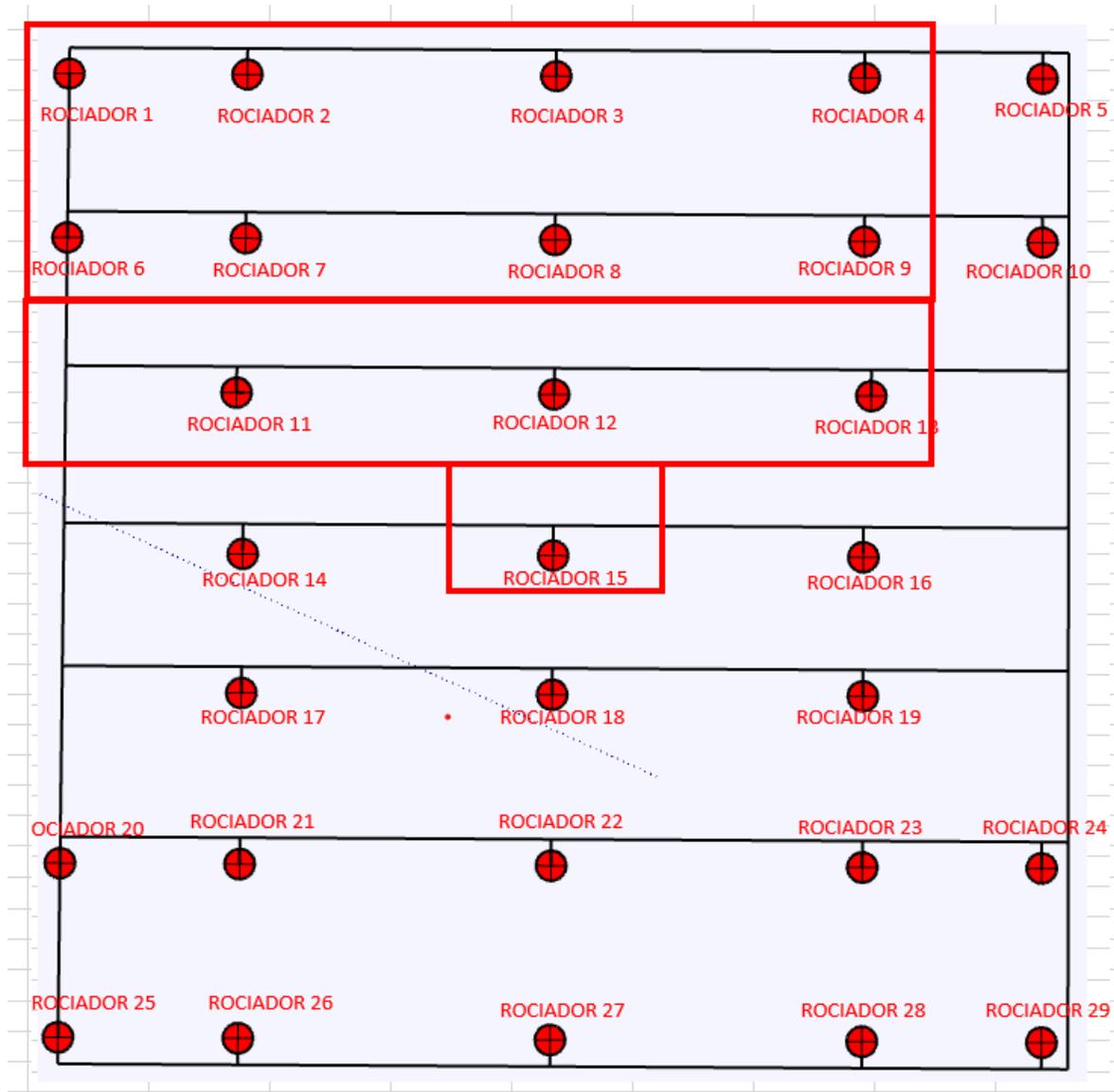
Características del diseño de sistema de rociadores Nivel 1 y 2

Características	Nivel 1 (Parqueadero y CAD)	Nivel 2 (Biblioteca)
Área de diseño (m ²)	139	139
Área de cobertura por rociador (m ²)	12,0764	11,95
Número de rociadores de área de diseño	12	12
Ancho de área de diseño (m)	14,17	14,17
Cantidad de rociadores en lado largo	6	4
Demanda de caudal por rociador (l/s)	1,33	1,33
Demanda de caudal en nivel (l/s)	18,93	18,93
Área protegida por rociadores (m ²)	1107,69	196,89

Figura 10*Disposición de rociadores en el nivel 1*

* Margen roja encierra rociadores de diseño.

Fuente. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Figura 11*Disposición de rociadores en el nivel 2*

* Margen roja encierra rociadores de diseño.

Fuente. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

6.3 Ubicación y descripción del sistema de gabinetes

Se propone la instalación de gabinetes tipo II, motivada por la existencia y formación continua de la brigada de emergencias de Corantioquia, la cual realiza charlas periódicas sobre cómo actuar en situaciones de emergencia. Se considera de suma importancia mantener la continuidad de estas actividades de concientización y preparación, con el fin de mejorar la protección general.

La ubicación de los gabinetes cerca de los puntos de salida en el primer piso y en proximidad a las escaleras en los pisos superiores se ajusta a los lineamientos de la NFPA 14, que recomienda la presencia de gabinetes en los rellanos de escaleras, en las rutas de evacuación y en las salidas de los edificios. Aunque en los niveles superiores al primero no se encuentren en los rellanos, es una práctica recomendada situarlos lo más cerca posible de las escaleras, dado que estas forman parte esencial de las vías de evacuación (Lataille, 2003).

La propuesta contempla la instalación de un total de 8 gabinetes, distribuidos de la siguiente manera:

Primer nivel: dos gabinetes, uno en la recepción de la entrada principal y otro cercano a las bodegas, cercano a la entrada trasera.

Segundo nivel: en este nivel, se plantea reducir el número de gabinetes de 4 a 2. Estos se ubicarán frente a las escaleras para garantizar una mejor visibilidad y proteger la totalidad del nivel, exceptuando el CIA, que está cubierto por rociadores.

Tercer nivel: la propuesta contempla la reducción del número de gabinetes de 3 a 2. Se sugiere que estos gabinetes se ubiquen estratégicamente, uno cerca del auditorio en el costado sureste para brindarle protección y a las oficinas del costado sur, y otro en el lado noroeste, cubriendo en caso de incendio la dirección general y las oficinas adyacentes.

Cuarto nivel: este nivel se protege mediante un gabinete cercano a las escaleras, ubicado en su posición actual. Dado el riesgo de incendios originados por reactivos en el laboratorio que no son susceptibles de ser extinguidos con agua, se recomienda continuar con el uso de extintores de tipo B, de CO₂ o polvo, que son eficaces contra líquidos inflamables.

Quinto nivel: dado que el gabinete del cuarto nivel no brinda protección completa al nivel 5, compuesto por oficinas, se sugiere la incorporación de un gabinete cercano a las escaleras que conectan el cuarto con el quinto nivel.

6.4 Tuberías

Se recomienda el uso de tubería de acero de cédula 40 con uniones ranuradas y acoplamientos flexibles que permiten un controlado movimiento lineal y angular. Esta elección acomoda los movimientos de la tubería debido a cambios térmicos, eventos sísmicos, asentamientos o para formar curvaturas.

Montantes: Se recomienda una estructura de tuberías compuesta por una red principal que, en el nivel uno, forma un sistema cerrado rectangular mediante un arreglo de tuberías horizontales. Esta red abastece a los niveles superiores mediante 2 montantes verticales en los lados noroeste y sureste. La tubería montante vertical que emerge del cuarto de bombas y la tubería principal horizontal del mismo nivel, que se cierra en forma rectangular, tienen un diámetro de 4 in. El montante vertical que suministra agua al segundo piso desde el costado noroeste es de 4 in de diámetro, ya que alimenta el sistema de rociadores que protege el CIA y el gabinete del lado este. El montante vertical del lado sureste, que asciende al nivel 2, tiene un diámetro de 3 in, dado que solo abastece al gabinete del costado este. Los montantes que surten al tercer nivel tienen un diámetro de 3 in y suministran agua a los gabinetes cercanos al auditorio y a la dirección general, el cuarto nivel recibe agua del montante noroeste, de un diámetro de 3 in, que asciende por el techo del laboratorio en la zona de procesos fisicoquímicos y la bodega, y se desprende una sección de tubería que conecta con el gabinete del cuarto nivel de 1 ½ in de diámetro. El gabinete del quinto nivel es abastecido por el montante que sube por el costado de la recepción, adyacente a la bodega del laboratorio, también con un diámetro de 3 in.

6.4.1 Tuberías del sistema de rociadores

Nivel 1: el sistema de rociadores en el primer nivel se presenta en malla. La tubería transversal que abastece los ramales es de 3 pulgadas y adopta una forma de C para garantizar un buen flujo de agua en los rociadores extremos. Se emplean diferentes tamaños de ramales; aquellos con 3 o más rociadores tienen un diámetro de 1 ½ in, mientras que los ramales de 2 rociadores tienen un diámetro de 1 in. La tubería que conecta los rociadores con los ramales es de 1 in de diámetro y se dispone verticalmente con una longitud de 15 cm, (véase anexos 17-19).

Nivel 2: este nivel también presenta rociadores en un sistema de malla. La tubería de abastecimiento principal que conecta el sistema de rociadores con el montante vertical tiene un diámetro de 3 in. La tubería transversal que suministra agua a los ramales también tiene un diámetro de 3 in. Los ramales tienen un diámetro de 1 in y los rociadores se conectan a ellos mediante tuberías de 1 in de diámetro, dispuestas verticalmente con una longitud de 15 cm, (véase anexo 21).

6.4.2 Tuberías de drenaje

Las tuberías de drenaje desempeñan un papel crucial en las redes contra incendios al permitir la evacuación del agua en caso de reparaciones o modificaciones. Se recomienda que los rociadores, los montantes principales que abastecen agua y el montante principal que sale del cuarto de bombas cuentan con drenajes acorde a sus dimensiones (D. P. Nolan, 2011).

Drenaje montante principal cuarto de bombas: dado que el diámetro de esta tubería principal es de 4 in, se sugiere un drenaje de 2 in de diámetro provisto con una válvula de control, (véase anexo 22) (NFPA, 2019a).

Drenaje rociadores nivel 1 (Parqueadero y CAD): la tubería principal del sistema de rociadores de este nivel es de 3 in de diámetro. Se recomienda una tubería de drenaje al inicio de esta tubería, con un diámetro de 1 ½ in, conectada al sistema de drenaje de la montante principal y equipada con una válvula de control, (véase anexo 22) (NFPA, 2019a).

Drenaje montantes verticales: se recomienda un drenaje en el primer nivel para los montantes verticales, con una válvula de control, (véase anexos 15-16).

Drenaje sistema de rociadores nivel 2 (CIA): la tubería principal de los rociadores en este nivel tiene un diámetro de 3 in. Para este diámetro, se recomienda una tubería de drenaje de 1 ½ in de diámetro que recorra el buitrón en paralelo al montante que abastece los rociadores, provista con una válvula de control, (véase anexo 23) (NFPA, 2019a).

6.4.3 Soporte de tuberías

Se recomienda mantener los mismos tipos de soportes de tubería: el soporte tipo horquilla con varilla y el perno en U con apoyo metálico y varilla en ambos extremos. En ambos casos, las varillas de soporte tienen un diámetro de 3/8 in, lo cual cumple con las normativas, ya que para tuberías de hasta 4 in se requiere este diámetro. Del mismo modo, el diámetro de las varillas en los pernos en U también se ajusta a la normativa, siendo adecuado para tuberías de hasta 3 in de diámetro según la NFPA 13 (NFPA, 2019a)

6.4.4 Válvulas e Instrumentos de Medición de Flujo

La incorporación de válvulas en la red contra incendios resulta esencial para el óptimo funcionamiento del sistema. Estas válvulas no solo preservan elementos como las bombas y la propia tubería, sino que también regulan el flujo de agua. Por lo tanto, se aconseja disponer de válvulas de control en las secciones de succión e impulsión de la bomba. También es recomendable contar con válvulas antirretorno para salvaguardar tanto la bomba principal como la bomba jockey. La inclusión de válvulas asociadas al control de tuberías de prueba y drenaje resulta fundamental. Adicionalmente, es necesario implementar válvulas que faciliten el control del flujo de agua hacia los montantes principales y los sistemas de rociadores, ya que ayudan a aislar áreas durante labores de mantenimiento (NFPA, 2019a).

Válvulas de aislamiento: las válvulas de aislamiento, cuya función radica en habilitar o restringir el flujo de agua hacia distintas áreas, desempeñan un papel determinante en tareas de mantenimiento o reparación (NFPA, 2019c). En este sentido, se sugiere la colocación de válvulas de aislamiento en los puntos de inicio de los montantes verticales, así como en el inicio de la tubería principal de los rociadores (véase anexos 15-16, 22-23).

Manómetros y mirillas: los manómetros y mirillas se erigen como instrumentos de medición cruciales para verificar el correcto funcionamiento del sistema.

Manómetros: posibilitan la observación de la presión del agua en el sistema. Su instalación es recomendable en las zonas de succión e impulsión de las bombas, en proximidad a las válvulas de aislamiento o control de flujo del sistema de rociadores, y especialmente en los extremos de los montantes verticales. Es aconsejable instalar manómetros tanto cerca del gabinete del quinto nivel como en el gabinete del tercer piso, contiguo al auditorio.

Mirillas: Las mirillas se emplean en las tuberías de prueba para verificar el flujo de agua. Se sugiere su implementación en las conexiones de prueba de los rociadores, como medio para asegurar la verificación del flujo de agua en estas situaciones.

6.5 Cuarto de bombas

De acuerdo con la normativa contra incendios, es esencial contar con un suministro de agua fiable en términos de presión y caudal para sistemas de extinción. Aunque no se especifica de manera concreta, para satisfacer este requisito, se recurre al empleo de bombas contra incendios. Estas bombas, junto con otros componentes y accesorios esenciales para un rendimiento adecuado, se instalan en un recinto denominado cuarto de bombas, ver Figura 12.

Tanque: el tanque de almacenamiento tiene la función de almacenar agua para la operatividad del sistema. Dado la limitación de espacio en la sede central de Corantioquia, se recomienda la instalación de un tanque de almacenamiento bajo la losa del primer nivel, situado en la bodega contigua al CAD. Se propone un tanque de almacenamiento con capacidad de 100 m³, una altura de 2,5 m y una base rectangular de 40 m². Se sugiere ubicar el cuarto de bombas en las cercanías del tanque.

Tubería de succión: la tubería de succión tiene la responsabilidad de transportar el agua desde el tanque hacia la bomba principal. El diámetro de esta tubería se determina en función de la demanda de caudal del sistema, y su longitud debe ser equivalente a 10 veces el diámetro de la tubería de succión, con el fin de prevenir flujos turbulentos y limitar la velocidad a no más de 4,57 m/s. Debido a que la demanda de caudal del sistema es de 400 gpm, se recomienda el uso de una tubería de succión con un diámetro de 4 in (NFPA, 2019c).

Válvula de compuerta en succión: la función de la válvula de compuerta en la succión es controlar el flujo dentro de la tubería de succión. Esta válvula permite el aislamiento de la bomba para labores de mantenimiento o reemplazo. Se recomienda el uso de válvulas de compuerta (NFPA, 2019c). Ya que en la succión se requiere un flujo sin turbulencias que no afecte el rendimiento de la bomba. Cuando la válvula de compuerta está completamente abierta, el flujo de agua ocurre sin obstrucciones, garantizando uniformidad en el flujo.

Reducción: puesto que la bomba principal presenta una succión con un diámetro de 2 ½ in, se requiere una reducción excéntrica.

Manómetro en la succión: se debe instalar un manómetro, se recomienda de tipo lleno de líquido para facilitar la lectura. Este manómetro debe contar con una válvula de ¼ in de diámetro (NFPA, 2019c).

Bomba principal: la función básica de la bomba principal es impulsar el agua para superar las pérdidas generadas por accesorios, la fricción por rozamiento del agua y la diferencia de altura desde la captación hasta el punto de servicio. Es el componente más crucial del cuarto de bombas y su selección se basa en las necesidades del sistema, el caudal y la presión de diseño. Para su elección, se requiere que la curva característica, altura total versus caudal pueda satisfacer el caudal de diseño a la altura total de presión necesaria (punto de operación). Se busca que el punto de operación se sitúe por debajo de la curva característica de la bomba. Con base en el caudal de diseño de 400 gpm (25,236 l/s) y la altura total necesaria cercana a 113,784 psi (80 mca), determinada mediante modelación en Epanet, se recomienda el uso de una bomba con las siguientes especificaciones:

Tabla 10

Propiedades de bomba principal (Propuesta)

Propiedades de bomba principal	
Modelo	GE 2C 500
Diámetro de succión(in)	2 1/2
Diámetro de Descarga (in)	2
Altura Total Máxima (mca)	99,06
Caudal Máximo (l/s)	35,33
Tipo de Bomba	Centrífuga
Fuente de Energía	Eléctrica
Potencia (kW)	37.29

Fuente. (Barnes, 2019).

Manómetro en la descarga: se sugiere la instalación de un manómetro en la descarga, equipado con una válvula de $\frac{1}{4}$ in de diámetro.

Ampliación: debido a que la bomba tiene una descarga de 2 in de diámetro, se requiere una ampliación excéntrica.

Presostatos: son dispositivos electromecánicos, se utilizan para abrir o cerrar circuitos según la presión ajustada. Estos presostatos permiten la activación y desactivación de las bombas de acuerdo con los umbrales de presión establecidos. Cuando la línea alcanza la presión definida, el presostato apagará la bomba.

Válvula de control en descarga: una válvula de compuerta o mariposa, junto con la válvula de control en succión, permite el aislamiento de la bomba principal, las tuberías de prueba y otros componentes del cuarto de bombas para su mantenimiento y reparación (NFPA, 2019c).

Red de pruebas: se recomienda implementar un cabezal de pruebas de 4 in con dos puntos de verificación para evaluar el caudal y la presión del sistema (NFPA, 2019c). Este cabezal debe ubicarse en el exterior del cuarto de bombas. Una ubicación adecuada podría ser cerca de la bodega, junto al CAD.

Bomba Jockey: La bomba jockey mantiene la presión del sistema contra incendios, evitando que la bomba principal se active si no existe un flujo de agua importante en la red. Para su selección, se deben considerar los siguientes aspectos:

Presión de parada: debe ser igual a la máxima altura de la bomba principal más la presión estática del tanque de almacenamiento. La bomba jockey debe ser capaz de operar en este rango de presión (NFPA, 2019c).

Caudal: debe ser menor a 21,17 gpm, que es la demanda mínima del sistema y la demanda de un rociador (NFPA, 2019c).

Tablero de control para bomba principal y bomba Jockey: ambas bombas deben contar con tableros de control individuales. Estos tableros supervisan el arranque y apagado de las bombas, ver Tabla 11 (NFPA, 2019c).

Tabla 11*Presiones de arranque y apagado de Bombas (Propuesta)*

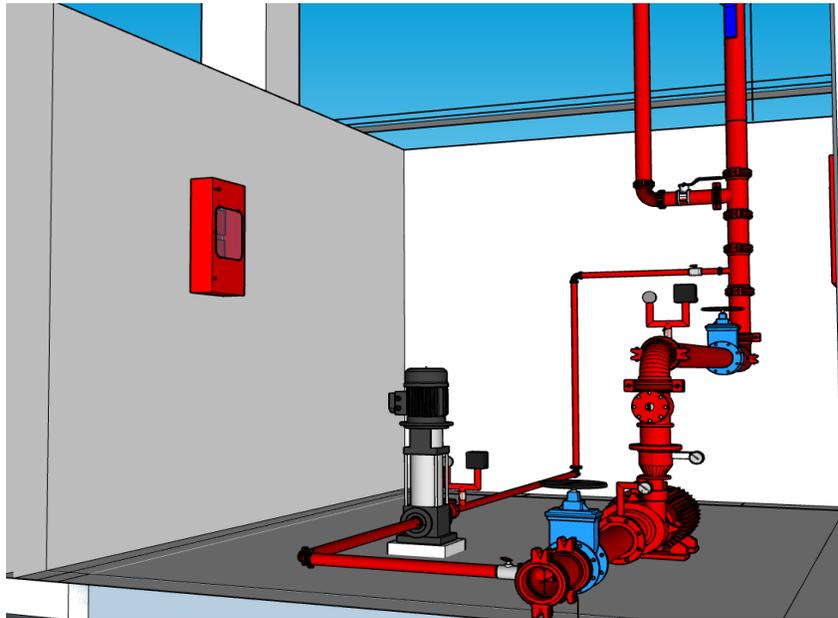
Operación de presostatos	Bomba principal	Bomba Jockey
Presión de arranque (mca)	91,57	94,97
Presión de Parada (mca)	-----	102

* La bomba principal no cuenta con una presión de parada controlada por el presostato; en su lugar, se apaga manualmente.

Nota. Las presiones de arranque y parada de las bombas se basan en los lineamientos de la NFPA 20 (2019).

6.6 Conexiones para bomberos

Se sugiere la instalación de dos conexiones para bomberos con siamesas de 2 ½ pulgadas en los costados noreste y noroeste del edificio, adyacentes a los puntos de acceso. Si bien la conexión existente en el costado este se encuentra en una ubicación adecuada, se recomienda retirar la válvula de control que actualmente se encuentra entre la conexión de bomberos y la tubería que conecta con la red contra incendios (NFPA, 2019a).

Figura 12*Cuarto de bombas (Propuesta)*

Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

6.7 Hidráulica

Se propone implementar un sistema combinado de protección parcial de rociadores y gabinetes en la sede central de Corantioquia. La norma NFPA 13 para sistemas combinados sugiere que el sistema debe tener la capacidad de suministrar el caudal necesario para abastecer los medios de extinción de incendios, tanto gabinetes como rociadores (NFPA, 2019a). En situaciones donde los rociadores protegen parcialmente un edificio, el caudal de diseño de todo el sistema debe ser la suma de la demanda de caudal de los rociadores y la demanda de caudal de los gabinetes. Para los gabinetes tipo 2, se debe contar con la capacidad de suministrar al menos 100 gpm (6,3 l/s) al gabinete más alejado. En cuanto a los rociadores, el caudal de diseño es de 300 gpm (18,93 l/s), por lo que el sistema combinado debe ser capaz de proporcionar un caudal total de 400 gpm (25,24 l/s).

Tanque de almacenamiento: teniendo en cuenta que el riesgo máximo de protección de las áreas que los rociadores y gabinetes deben cubrir es de tipo ordinario, se requiere un tanque de

almacenamiento capaz de suministrar agua a los medios de extinción durante al menos 60 minutos (NFPA, 2019a). Por lo tanto, se sugiere utilizar un tanque con una capacidad de 100 m³, considerando un factor de seguridad del 10%.

Presión de diseño: el sistema debe contar con la capacidad de proporcionar la presión necesaria para que el gabinete más alejado funcione a 65 psi (45,7 mca), y los rociadores que protegen el área más remota funcionen con al menos 7 psi (4,92 mca) de presión (NFPA, 2019a, 2019b). Dada esta necesidad, la modelación en Epanet se convierte en un aspecto crucial, ya que permite determinar la configuración de tuberías, alturas y pérdidas locales para encontrar la bomba más idónea para el sistema.

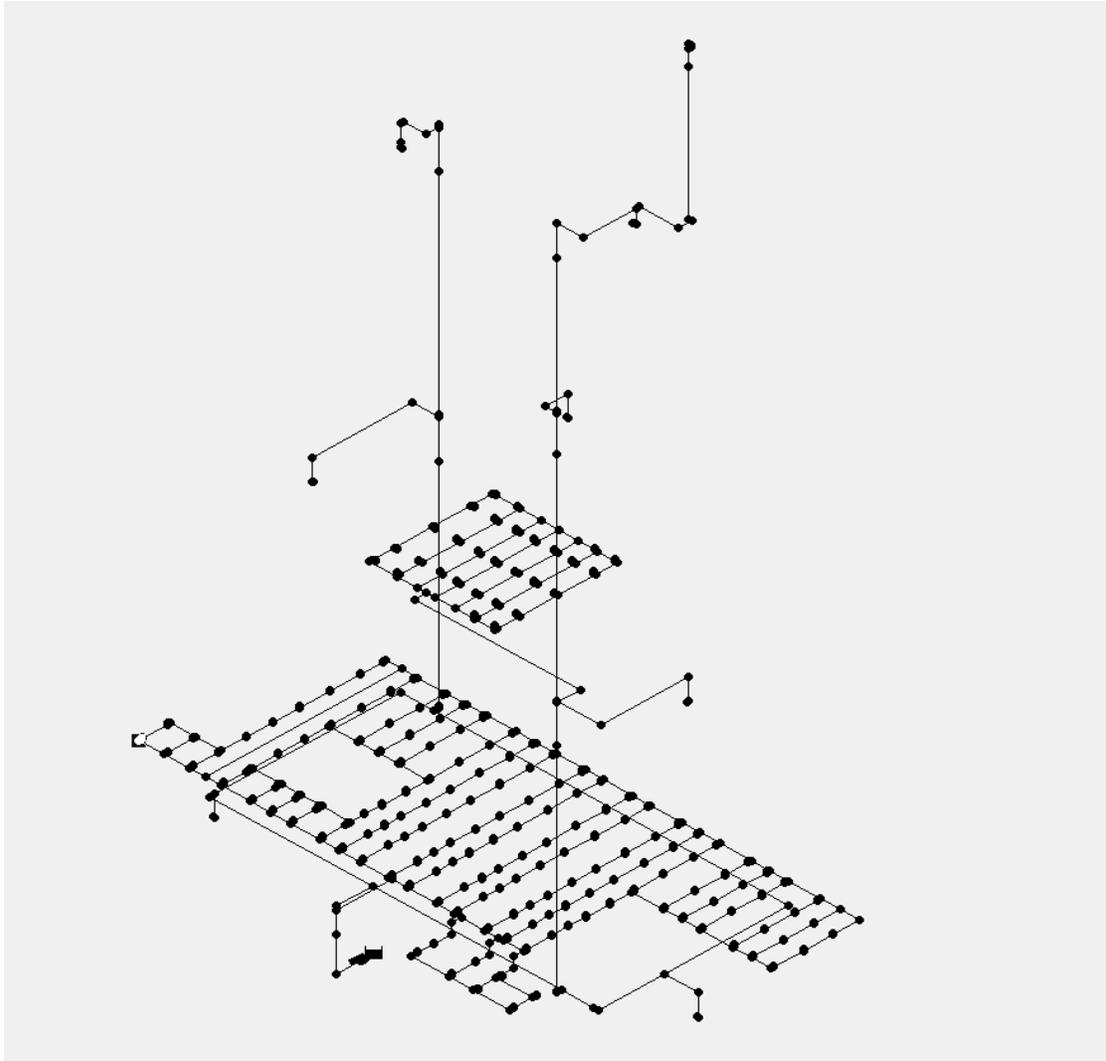
6.8 Modelación en Epanet

El programa Epanet se utiliza para simular y analizar la distribución de agua en sistemas. En el contexto de esta propuesta, se emplea para determinar las dimensiones y propiedades de los componentes de la red contra incendios. Mediante simulación, se establecen características fijas como alturas, longitudes de tuberías, pérdidas por accesorios y demanda de caudal. Además, se ajustan variables como diámetros de tuberías y curvas de bombas para cumplir con las demandas de presión y caudal estipuladas en la norma. Esto garantiza que el sistema cumpla con los requisitos, asegurando una presión residual de 65 psi (45,7 mca) en el último gabinete, que consume 100 gpm (6,3 l/s), y que los rociadores del segundo nivel (CIA) operen a 7 psi (4,92 mca) con una demanda de 300 gpm (18,93 l/s).

Isométrico: Se realiza un isométrico de la red para ilustrar adecuadamente el sistema combinado de rociadores y gabinetes. Este isométrico sirve como base para la modelación del sistema. Con la conversión del archivo al formato.net a través de Epcad, los puntos y líneas se transforman en nodos y tuberías respectivamente. Se añaden características fijas a los nodos, como alturas, y a las tuberías, como rugosidad y pérdidas. Por medio de iteración de valores de diámetro de tuberías y curvas de bombas, se buscan configuraciones que se ajusten a las demandas requeridas.

Figura 13

Isométrico en Epanet (Propuesta)



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

6.8.1 Propiedades de los Componentes y Modelación

Para la simulación, se emplearon unidades internacionales y la ecuación de Hazen-Williams. Las propiedades principales de los componentes incluyen:

Tanque: Capacidad de 100 m³

Rugosidad: Constante de rugosidad de 120, valor sugerido por la literatura para acero (NFPA, 2019a).

Demanda de Caudal: Se asigna una demanda de 100 gpm (6,3 l/s) al gabinete más lejano, nivel 5, y 25 gpm (1,58 l/s) a los 12 rociadores de diseño del nivel 2 (CIA).

Pérdidas locales: La ruta crítica es el recorrido que el agua debe seguir hacia los dispositivos de extinción más alejados. En esta sección de la red se asignan las pérdidas locales generadas por accesorios como válvulas y codos. Si el agua llega a los rociadores y al gabinete más distante con la presión de operación adecuada, se garantiza el funcionamiento correcto del sistema. La Tabla 12 muestra las pérdidas locales generadas por accesorios en esta ruta.

Diámetro de Tubería y Selección de Bomba: el diámetro de la tubería fue obtenido por iteración, basándose en valores normativos, especialmente para la tubería principal, montantes verticales y ramales. La tubería de succión y descarga del cuarto de bombas, de 4 pulgadas de diámetro, cumple con la normativa para sistemas con caudales de diseño de 400 gpm (25,24 l/s). Para la selección de la bomba principal, se consideró el caudal de diseño. Se busca una bomba con curvas características cercanas a este valor, que garantice una presión de servicio suficiente en el gabinete del quinto nivel al menos de (65 psi) (45,7 mca) y en los rociadores del segundo nivel una presión mayor o igual a 7 psi (4,92 mca) y con una buena eficiencia, la bomba seleccionada tiene una eficiencia del 71% operando a 400 gpm.

En la tabla de propiedades de la modelación en nodos (Tabla 13), se pueden observar los valores de la cabeza de presión (presión de servicio) en el gabinete del nivel 5 (Gabinete 8) y en los rociadores del segundo nivel, el gabinete y los rociadores de diseño cumplen con la normativa, 46,68 mca en el gabinete del nivel 5 y presiones superiores a 4,92 mca para los rociadores. En la tabla de propiedades de la modelación en tramos, se pueden visualizar las características de los tramos de la ruta crítica, como el diámetro interno de la tubería, pérdidas por unidad de longitud,

caudal y velocidad. Por último, la Figura 14 muestra la curva característica de la bomba principal en Epanet.

Tabla 12

Perdidas locales (Propuesta)

Tramo	Accesorios	Sumatoria de pérdidas locales
1	Entrada normal paso directo, válvula de compuerta, reducción	1,35
2	Ampliación, válvula anti retorno, codo de 90°, válvula de compuerta	3,8
3	Codo de 90° grados	0,8
4	Te paso directo	0,3
5	Codo de 90° grados	0,8
6	Paso de lado	1,8
7	Te paso de lado, válvula de bola	1,85
8	Codo de 90° grados, te paso directo	1,1
9	Te paso de lado	1,8
10	Válvula de bola, válvula anti retorno, te paso directo	2,35
11	Codo de 90° grados	0,8
12	Codo 90° grados	0,8
13	Te paso de lado	1,8
14	Te paso directo	0,3
15	Te paso directo	0,3
16	Te paso directo	0,3
17	Codo de 90° grados	0,8
18	Te paso directo	0,3
19	Te paso directo	0,3
20	Te paso directo	0,3
21	Te paso directo	0,3
22	Codo de 90° grados	0,8
23	Te paso directo	0,3
24	Te paso de lado	1,8
25	Te paso directo	0,3
26	Te paso directo	0,3
27	Te paso directo	0,3
28	Te paso directo	0,3
29	Te paso directo	0,3
30	Te paso de lado	1,8
31	Te paso directo	0,3
32	Te paso directo	0,3
33	Te paso directo	0,3
34	Te paso directo	0,3
35	Te paso de lado	1,8
36	Te paso directo	0,3
37	Te paso directo	0,3
38	Te paso directo	0,3
39	Te paso directo	0,3
40	Te paso de lado	1,8
41	Te paso directo	0,3
42	Te paso directo	0,3
43	Te paso directo	0,3
44	Te paso directo	0,3
45	Te paso de lado	1,8
46	Te paso directo	0,3

Tramo	Accesorios	Sumatoria de pérdidas locales
47	Te paso directo	0,3
48	Te paso directo	0,3
49	Te paso directo	0,3
50	Te paso directo	0,3
51	Te paso directo	0,3
52	Te paso directo	0,3
53	Codo de 90°	0,8
54	Te paso directo	0,3
55	Te paso directo	0,3
56	Te paso directo	0,3
57	Te paso directo	0,3
58	Codo de 90°	0,8
59	Te paso directo	0,3
60	Te paso directo	0,3
61	Te paso directo	0,3
62	Te paso de lado	1,8
63	Te paso de lado	1,8
64	Codo de 90°	0,8
65	Te paso de lado	1,8
66	Codo de 90°	0,8
67	Te paso de lado	1,8
68	Codo de 90°	0,8
69	Te paso de lado	1,8
70	Te paso de lado	1,8
71	Codo de 90°	0,8
72	Te paso de lado	1,8
73	Codo de 90°	0,8
74	Te paso de lado	1,8
75	Codo de 90°	0,8
76	Te paso de lado	1,8
77	Codo de 90°	0,8
78	Te paso de lado	1,8
79	Codo de 90°	0,8
80	Te paso de lado	1,8
81	Codo de 90°	0,8
82	Te paso de lado	1,8
83	Codo de 90°	0,8
84	Te paso directo	0,3
85	-----	-----
86	Te paso directo, reducción	0,65
87	Te paso directo	0,3
88	-----	-----
89	Te paso de directo	0,3
90	Codo de 90°	0,8
91	Codo de 90°	0,8
92	Te paso directo	0,3
93	Codo de 90°	0,8
94	Codo de 90°	0,8
95	Codo de 90°	0,8
96	-----	-----
97	Codo de 90°	0,8
98	Codo de 90°	0,8
99	Te paso de lado, reducción	2,15
100	Codo de 90°	0,8

* Las pérdidas totales son iguales a la suma de los factores de pérdidas de los accesorios en cada tramo.

* El símbolo ----- representa la ausencia de pérdidas por accesorios en los tramos. (85,88,96).

Nota. Los coeficientes de perdidas locales fueron obtenidos de varias fuentes literarias (CONAGUA, 2002; Munson et al., 1990; Sotelo, 1982).

Tabla 13

Propiedades de modelación en nodos (Propuesta)

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Altura total (mca)	Cabeza de presión (mca)
Tanque de almacenamiento	2,5	-25,26	2,5	0
Nodo 1	0,1	0	1,68	1,58
Nodo 2	0,1	0	82,43	82,33
Nodo 3	0,1	0	80,17	80,07
Nodo 4	4,27	0	79,32	75,05
Nodo 5	6,72	0	78,91	72,19
Nodo 6	7,09	0	78,48	71,39
Nodo 7	7,09	0	77,18	70,09
Nodo 8	7,09	0	75,7	68,61
Nodo 9	7,09	0	75,12	68,03
Nodo 10	7,3	0	75,1	67,8
Nodo 11	7,4	0	75,09	67,69
Nodo 12	11,62	0	73,75	62,13
Nodo 13	11,62	0	71,25	59,63
Nodo 14	11,62	0	66,27	54,65
Nodo 15	11,62	0	65,33	53,71
Nodo 16	11,62	0	65,19	53,57
Nodo 17	11,62	0	65,16	53,54
Nodo 18	11,62	0	65,15	53,53
Nodo 19	11,62	0	65,15	53,53
Nodo 20	11,62	0	64,97	53,35
Nodo 21	11,62	0	64,49	52,87
Nodo 22	11,62	0	63,7	52,08
Nodo 23	11,62	0	62,91	51,29
Nodo 24	11,62	0	62,44	50,82
Nodo 25	11,62	0	62,25	50,63
Nodo 26	11,62	0	61,87	50,25
Nodo 27	11,62	0	62,68	51,06
Nodo 28	11,62	0	63,58	51,96
Nodo 29	11,62	0	64,48	52,86
Nodo 30	11,62	0	65,03	53,41
Nodo 31	11,62	0	60,04	48,42
Nodo 32	11,62	0	61,29	49,67
Nodo 33	11,62	0	62,76	51,14
Nodo 34	11,62	0	64,22	52,6
Nodo 35	11,62	0	55,74	44,12
Nodo 36	11,62	0	55,97	44,35
Nodo 37	11,62	0	59,41	47,79
Nodo 38	11,62	0	62,84	51,22
Nodo 39	11,62	0	50,54	38,92
Nodo 40	11,62	0	50,32	38,7
Nodo 41	11,62	0	51,29	39,67
Nodo 42	11,62	0	56,51	44,89
Nodo 43	11,62	0	65,08	53,46
Nodo 44	11,62	0	45,88	34,26

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Altura total (mca)	Cabeza de presión (mca)
Nodo 45	11,62	0	45,85	34,23
Nodo 46	11,62	0	47,45	35,83
Nodo 47	11,62	0	53,97	42,35
Nodo 48	11,62	0	62,72	51,1
Nodo 49	11,62	0	64,88	53,26
Nodo 50	11,62	0	44,82	33,2
Nodo 51	11,62	0	43,67	32,05
Nodo 52	11,62	0	43,67	32,05
Nodo 53	11,62	0	43,67	32,05
Nodo 54	11,62	0	45,69	34,07
Nodo 55	11,62	0	53,01	41,39
Nodo 56	11,62	0	62,45	50,83
Nodo 57	11,62	0	64,78	53,16
Nodo 58	11,62	0	42,77	31,15
Nodo 59	11,62	0	44,8	33,18
Nodo 60	11,62	0	52,11	40,49
Nodo 61	11,62	0	44,96	33,34
Nodo 62	11,62	0	46,56	34,94
Nodo 63	11,62	0	53,08	41,46
Nodo 64	11,62	0	49,43	37,81
Nodo 65	11,62	0	50,39	38,77
Nodo 66	11,62	0	55,61	43,99
Nodo 67	11,62	0	55,05	43,43
Rociador 173	11,77	1,58	54,52	42,75
Rociador 176	11,77	1,58	48,89	37,12
Rociador 177	11,77	1,58	49,85	38,08
Rociador 178	11,77	1,58	55,08	43,31
Rociador 179	11,77	1,58	43,87	32,1
Rociador 180	11,77	1,58	44,42	32,65
Rociador 181	11,77	1,58	46,02	34,25
Rociador 182	11,77	1,58	52,54	40,77
Rociador 184	11,77	1,58	42,72	30,95
Rociador 185	11,77	1,58	42,23	30,46
Rociador 186	11,77	1,58	44,26	32,49
Rociador 187	11,77	1,58	51,57	39,8
Nodo 68	11,82	0	73,74	61,92
Nodo 69	11,92	0	73,74	61,82
Nodo 70	16,19	0	73,55	57,36
Nodo 71	16,34	0	73,51	57,17
Nodo 72	16,44	0	73,51	57,07
Nodo 73	19,86	0	73,38	53,52
Nodo 74	19,86	0	73,22	53,36
Nodo 75	19,86	0	72,96	53,1
Nodo 76	19,86	0	72,93	53,07
Nodo 77	19,86	0	72,72	52,86
Nodo 78	19,86	0	72,61	52,75
Nodo 79	19,86	0	72,53	52,67
Nodo 80	19,96	0	72,52	52,56
Nodo 81	22,11	0	72,38	50,27
Nodo 82	22,11	0	72,31	50,2
Nodo 83	21,87	0	69,62	47,75
Gabinete 8	21,87	6,3	68,55	46,68

* Obtenida a través de la modelación de la red actual de Corantioquia en Epanet.

Tabla 14*Propiedades de modelación en Tramos (Propuesta)*

Tramo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Coefficiente de rugosidad (HW)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Perdida unitaria (m/km)	Factor de fricción
Bomba	#N/A	#N/A	#N/A	25,26	0,00	-80,74	0,00
1	1,52	102,26	120	25,26	3,08	538,22	0,11
2	3,90	102,26	120	25,26	3,08	579,76	0,12
3	4,17	102,26	120	25,26	3,08	202,70	0,04
4	2,45	102,26	120	25,26	3,08	169,26	0,04
5	0,37	102,26	120	25,26	3,08	1152,09	0,24
6	3,91	102,26	120	25,26	3,08	332,08	0,07
7	20,45	102,26	120	16,94	2,06	72,17	0,03
8	0,50	102,26	120	25,26	3,08	1170,31	0,25
8,1	0,21	102,26	120	25,26	3,08	110,27	0,02
8,2	0,10	102,26	120	25,26	3,08	110,27	0,02
9	4,22	102,26	120	25,26	3,08	315,78	0,07
10	2,50	77,92	120	18,96	3,98	1000,59	0,10
11	17,81	77,92	120	18,96	3,98	279,80	0,03
12	1,20	77,92	120	18,96	3,98	780,48	0,08
13	0,95	77,92	120	5,42	1,14	148,69	0,18
14	2,10	77,92	120	3,31	0,69	13,10	0,04
15	2,07	77,92	120	1,99	0,42	5,03	0,04
16	2,20	77,92	120	0,96	0,20	1,25	0,05
17	0,35	26,64	120	0,96	1,72	525,00	0,09
18	2,38	26,64	120	0,96	1,72	199,57	0,04
19	4,12	26,64	120	0,96	1,72	191,55	0,03
20	4,12	26,64	120	0,96	1,72	191,55	0,03
21	2,38	26,64	120	0,96	1,72	199,57	0,04
22	0,35	26,64	120	0,96	1,72	524,96	0,09
23	1,85	26,64	120	0,96	1,72	205,00	0,04
24	2,38	26,64	120	1,03	1,85	338,07	0,05
25	4,12	26,64	120	1,03	1,85	219,08	0,03
26	4,12	26,64	120	1,03	1,85	219,08	0,03
27	2,38	26,64	120	1,03	1,85	228,35	0,04
28	0,35	26,64	120	1,99	3,57	1253,74	0,05
29	1,72	26,64	120	1,99	3,57	810,87	0,03
30	2,27	26,64	120	1,32	2,37	552,09	0,05
31	4,23	26,64	120	1,32	2,37	346,20	0,03
32	4,22	26,64	120	1,32	2,37	346,25	0,03
33	2,63	26,64	120	1,32	2,37	358,50	0,03
34	2,10	26,64	120	3,31	5,93	2046,04	0,03
35	2,38	26,64	120	0,53	0,96	96,01	0,06
36	4,12	26,64	120	2,11	3,79	833,48	0,03
37	4,12	26,64	120	2,11	3,79	833,48	0,03
38	2,73	26,64	120	2,11	3,79	860,62	0,03
39	1,90	26,64	120	3,84	6,89	2741,75	0,03
40	2,38	26,64	120	0,51	0,92	89,32	0,06
41	4,12	26,64	120	1,07	1,91	233,80	0,03
42	4,12	26,64	120	2,65	4,75	1268,23	0,03
43	2,73	26,64	120	4,23	7,58	3140,46	0,03
44	2,27	26,64	120	3,33	5,97	2049,61	0,03
45	2,38	26,64	120	0,18	0,32	12,02	0,06
46	4,12	26,64	120	1,40	2,51	388,13	0,03
47	4,12	26,64	120	2,98	5,35	1582,40	0,03

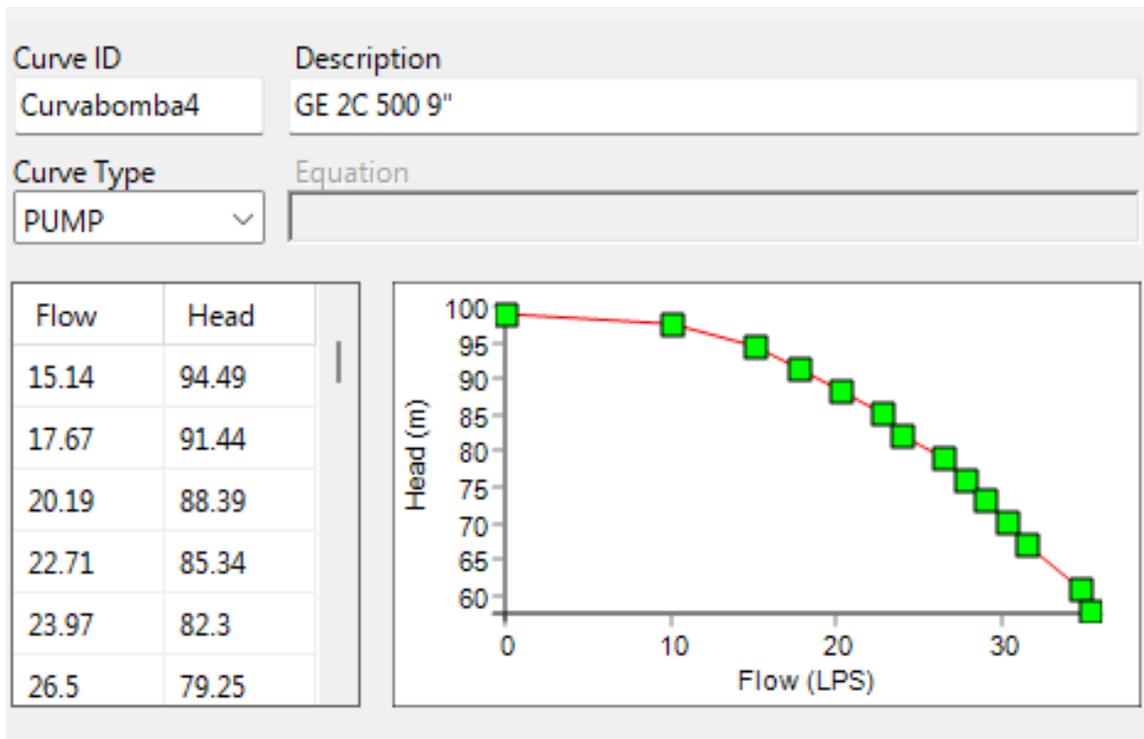
Tramo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Coefficiente de rugosidad (HW)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Perdida unitaria (m/km)	Factor de fricción
48	2,38	26,64	120	4,56	8,18	3674,94	0,03
49	0,35	26,64	120	4,56	8,18	6168,65	0,05
50	0,35	26,64	120	3,15	5,65	3027,19	0,05
51	2,30	26,64	120	1,57	2,81	502,27	0,03
52	0,35	26,64	120	0,01	0,02	0,07	0,09
53	2,38	26,64	120	0,01	0,02	0,05	0,07
54	4,12	26,64	120	1,59	2,85	491,65	0,03
55	4,12	26,64	120	3,17	5,69	1775,12	0,03
56	2,38	26,64	120	4,75	8,52	3965,98	0,03
57	0,35	26,64	120	4,75	8,52	6671,58	0,05
58	3,00	77,92	120	4,75	1,00	32,26	0,05
59	2,27	77,92	120	9,31	1,95	90,96	0,04
60	0,95	77,92	120	13,54	2,84	260,26	0,05
61	0,35	26,64	120	1,03	1,85	355,63	0,05
62	0,15	26,64	120	1,58	2,83	6322,16	0,41
63	0,35	26,64	120	1,58	2,83	2560,51	0,17
64	0,15	26,64	120	1,58	2,83	3593,49	0,23
65	0,35	26,64	120	1,58	2,83	2560,51	0,17
66	0,15	26,64	120	1,58	2,83	3593,49	0,23
67	0,35	26,64	120	1,58	2,83	2560,51	0,17
68	0,15	26,64	120	1,58	2,83	3593,49	0,23
69	0,15	26,64	120	1,58	2,83	6322,16	0,41
70	0,35	26,64	120	1,58	2,83	2560,49	0,17
71	0,15	26,64	120	1,58	2,83	3593,52	0,23
72	0,35	26,64	120	1,58	2,83	2560,49	0,17
73	0,15	26,64	120	1,58	2,83	3593,52	0,23
74	0,35	26,64	120	1,58	2,83	2560,51	0,17
75	0,15	26,64	120	1,58	2,83	3593,49	0,23
76	0,35	26,64	120	1,58	2,83	2560,51	0,17
77	0,15	26,64	120	1,58	2,83	3593,49	0,23
78	0,35	26,64	120	1,58	2,83	2560,49	0,17
79	0,15	26,64	120	1,58	2,83	3593,52	0,23
80	0,35	26,64	120	1,58	2,83	2560,51	0,17
81	0,15	26,64	120	1,58	2,83	3593,49	0,23
82	0,40	26,64	120	1,58	2,83	2297,38	0,15
83	0,15	26,64	120	1,58	2,83	3593,49	0,23
84	0,20	102,26	120	6,30	0,77	53,37	0,18
85	0,10	77,92	120	6,30	1,32	31,67	0,03
86	4,27	77,92	120	6,30	1,32	45,20	0,04
87	0,15	77,92	120	6,30	1,32	209,48	0,18
88	0,10	77,92	120	6,30	1,32	31,67	0,03
89	3,42	77,92	120	6,30	1,32	39,46	0,04
90	2,81	77,92	120	6,30	1,32	56,97	0,05
91	5,73	77,92	120	6,30	1,32	44,07	0,04
92	0,30	77,92	120	6,30	1,32	120,57	0,11
93	4,24	77,92	120	6,30	1,32	48,44	0,04
94	1,42	77,92	120	6,30	1,32	81,75	0,07
95	0,30	77,92	120	6,30	1,32	268,74	0,24
96	0,10	77,92	120	6,30	1,32	31,67	0,03
97	2,15	77,92	120	6,30	1,32	64,74	0,06
98	0,17	77,92	120	6,30	1,32	450,07	0,39
99	0,24	40,94	120	6,30	4,79	11178,76	0,39
100	0,20	40,94	120	6,30	4,79	5394,23	0,19

*#N/A significa no aplicable en el caso de la bomba los valores de longitud, diámetro y rugosidad no son aplicables.

* Obtenida a través de la modelación de la red actual de Corantioquia en Epanet.

Figura 14

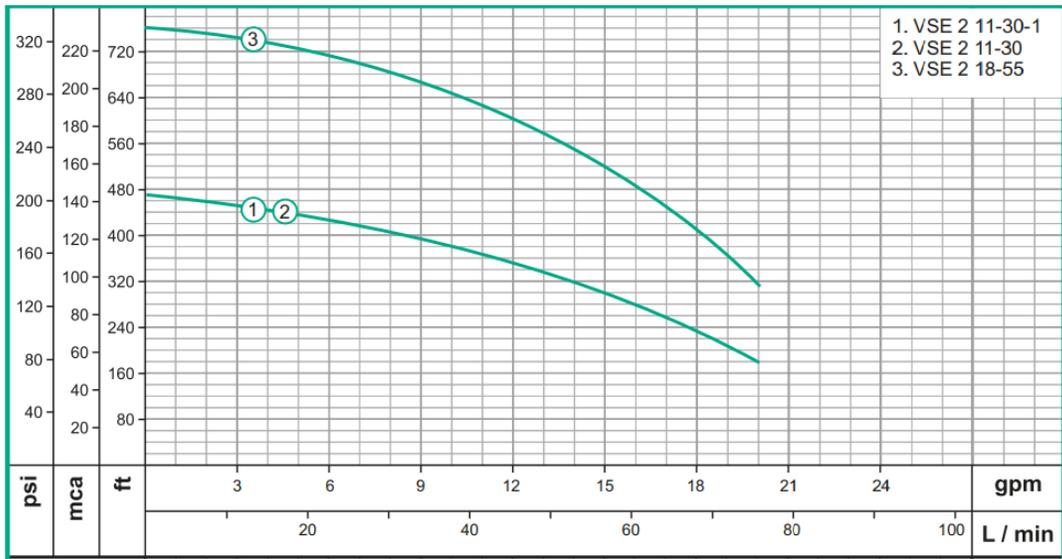
Curva característica de bomba principal en Epanet.



Nota. Fuente elaboración propia en Epanet. Basado en Barnes de Colombia (2019).

Figura 15

Curva característica bomba jockey (VSE 2 11-30)



Nota. Fuente (Barnes de Colombia, 2022).

7 Conclusiones

La incorporación de sistemas de análisis de distribución de agua como Epanet potencia significativamente el diseño de redes contraincendios. Esta herramienta mejora la precisión de los cálculos, permitiendo una evaluación más detallada de la distribución del agua en momentos críticos. La utilización de EPANET no solo optimiza el diseño, sino que también refuerza la capacidad de respuesta ante incendios, aportando a un entorno más seguro y adaptable.

Integrar herramientas de modelado 3D en el diseño de redes contra incendios es un avance fundamental. Estas soluciones tridimensionales permiten una comprensión más precisa de la disposición de elementos, mejorando la anticipación de obstáculos y la toma de decisiones informada. Además, promueven la colaboración entre profesionales, optimizando la prevención y mitigación de incendios. En conjunto, los modelos 3D impulsan diseños más eficientes y preparados para enfrentar situaciones de conflagración.

La relación entre un diseño eficiente y la comprensión del entorno a proteger es innegable. Un diseñador que posee conocimiento espacial y considera las particularidades del lugar a proteger logrará resultados de mayor calidad y eficacia. La selección adecuada de herramientas y su disponibilidad también es esencial, ya que permitirá abordar los desafíos de diseño de manera más precisa y eficiente (Millsaps, 2015).

La colaboración entre diseñadores, operarios, bomberos y reguladores, además de los organismos encargados de establecer normas y guías, es esencial para desarrollar una normativa completa y enriquecedora. Esta colaboración garantiza la inclusión de factores no tradicionales en la prevención de incendios y, en última instancia, promueve una mejora continua en la disciplina de mitigación de incendios.

Aunque basarse en normativas como la NFPA es valioso, es esencial que el ICONTEC adapte las pautas a las particularidades de la nación. Esto incluye considerar factores técnicos, ingenieriles, ambientales, sociales y culturales. Una normativa flexible permitirá abordar de manera efectiva los desafíos específicos presentes en el país.

La educación y concientización de las personas en relación con los peligros del fuego son vitales. Identificar situaciones riesgosas y comprender cómo actuar ante un incendio o conato de incendio puede marcar la diferencia en la reducción de daños. Es esencial implementar protocolos

de emergencia actualizados y realizar simulacros de evacuación y de incendio en todas las instituciones para garantizar una respuesta adecuada en caso de una conflagración.

Referencias

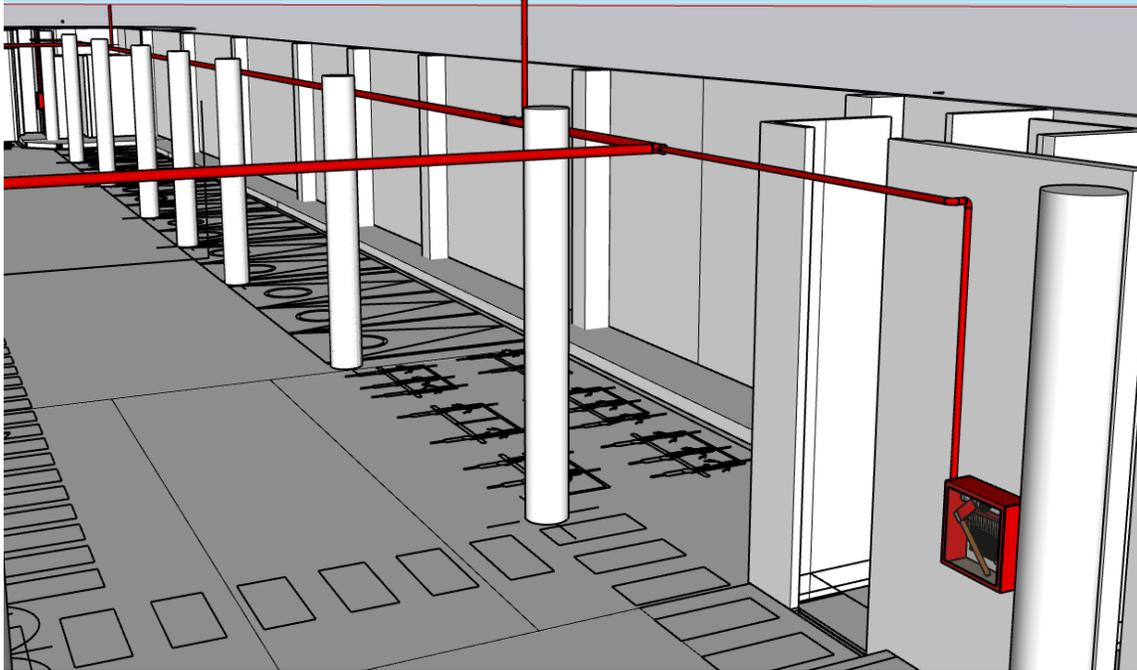
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE*.
- Barnes de Colombia. (2019). *BOMBAS GS con motor eléctrico GE 2C 200/250/300/400/500/600*.
- Barnes de Colombia. (2022). *Bombas multietapas verticales en acero inoxidable VSE 2 11-30 / VSE 2 18-55*.
- CONAGUA. (2002). *Manual para la elaboración y revisión de proyectos ejecutivos de sistemas de riego parcelario*.
- CORANTIOQUIA. (2022). *Planos actualizados 2022*.
- CORANTIOQUIA. (2021). *Plan de prevención, preparación y respuesta ante emergencias Sede Central*.
- De Plaza, J. (2017). *Ejercicios prácticos en Epanet*.
- ICONTEC. (2009). (NTC 1669) *NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE CONEXIONES DE MANGUERAS CONTRA INCENDIO*.
- ICONTEC. (2013). (NTC 2301) *Norma para la instalación de sistemas de rociadores*.
- IHM S.A. (2016). *Motobombas línea Hy - Flo eléctricas*.
- Kordestani, N., Saghatfroush, E., & Rezvanian, A. (2020). The Use of Building Information Modelling in Fire Safety Engineering. *The First International and Second National Conference on Management, Ethics, and Business*.
- Lataille, J. I. (2003). Fire Protection for New and Existing Buildings. *Fire Protection Engineering in Building Design*, 83–89. <https://doi.org/10.1016/B978-075067497-3/50008-4>
- Lyman, D. (2018). Portable Fire Extinguishers. *Ambulatory Surgery Center Safety Guidebook*, 23–26. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-849889-7.00005-4>

- Millsaps, M. J. (2015). Fire Protection Systems and Special Hazards. *Security Supervision and Management: Theory and Practice of Asset Protection*, 323–338.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800113-4.00027-4>
- Munson, B., Okiishi, T., Huebsch, W., & Rothmayer, A. (1990). *Fundamentals of Fluid Mechanics*.
- NFPA. (2013). (NFPA 10) Norma para Extintores Portátiles contra Incendios.
- NFPA. (2019a). (NFPA 13) Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores.
- NFPA. (2019b). (NFPA 14) Norma para la Instalación de Sistemas de Montantes y Mangueras.
- NFPA. (2019c). (NFPA 20) Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias para Protección contra Incendios.
- Nolan, D. (1996). Testing of Hose Reels and Monitors. *Handbook of Fire & Explosion Protection Engineering Principles for Oil, Gas, Chemical, and Related Facilities*, 260–261.
<https://doi.org/10.1016/B978-081551394-0.50030-3>
- Nolan, D. P. (2011). Methods of Fire Suppression. *Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles*, 211–242. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-7857-1.00019-7>
- Sotelo, G. (1982). *Hidráulica general* (Sexta).
- Xie, H., Tramel, J., & Shi, W. (2011). *Building Information Modeling and simulation for the mechanical, electrical, and plumbing systems*.

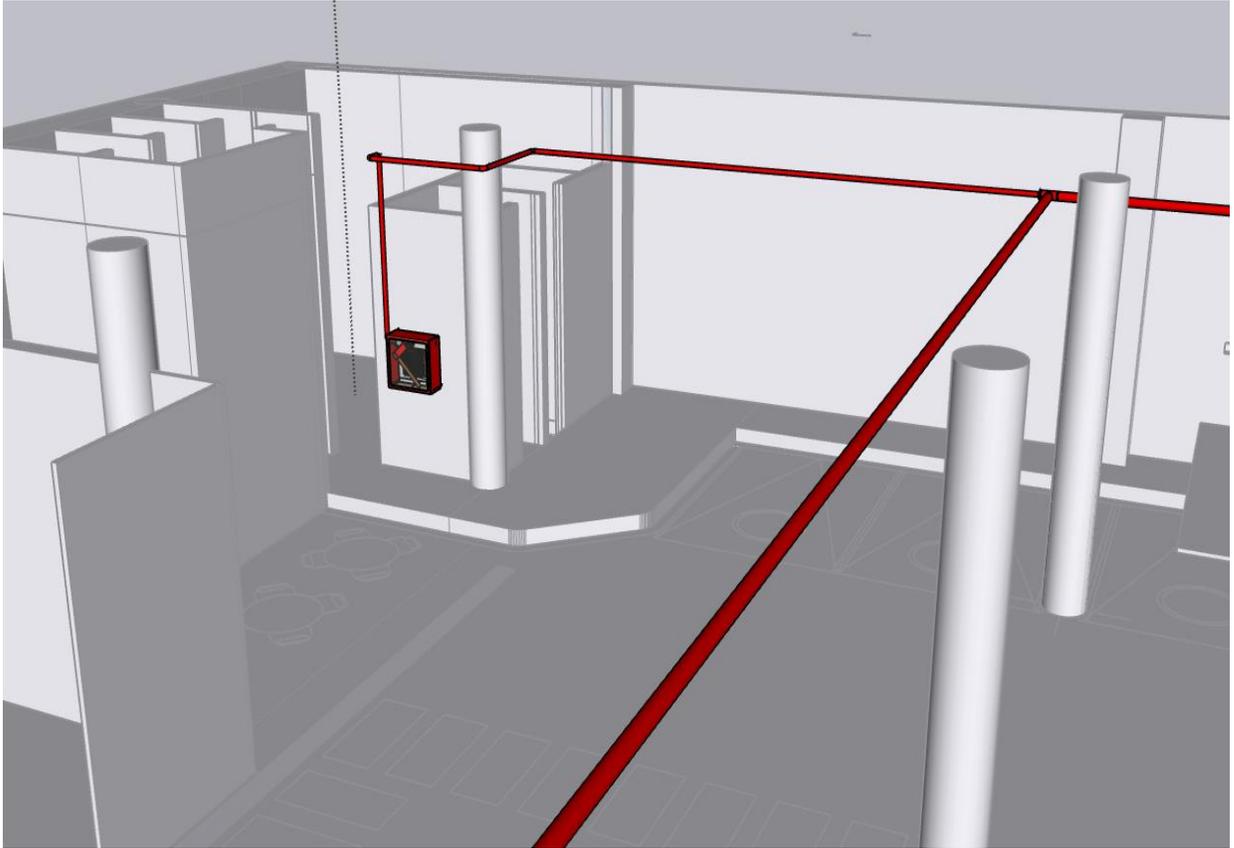
Anexos

Anexo 1

Gabinete Este nivel 1 (Red actual)



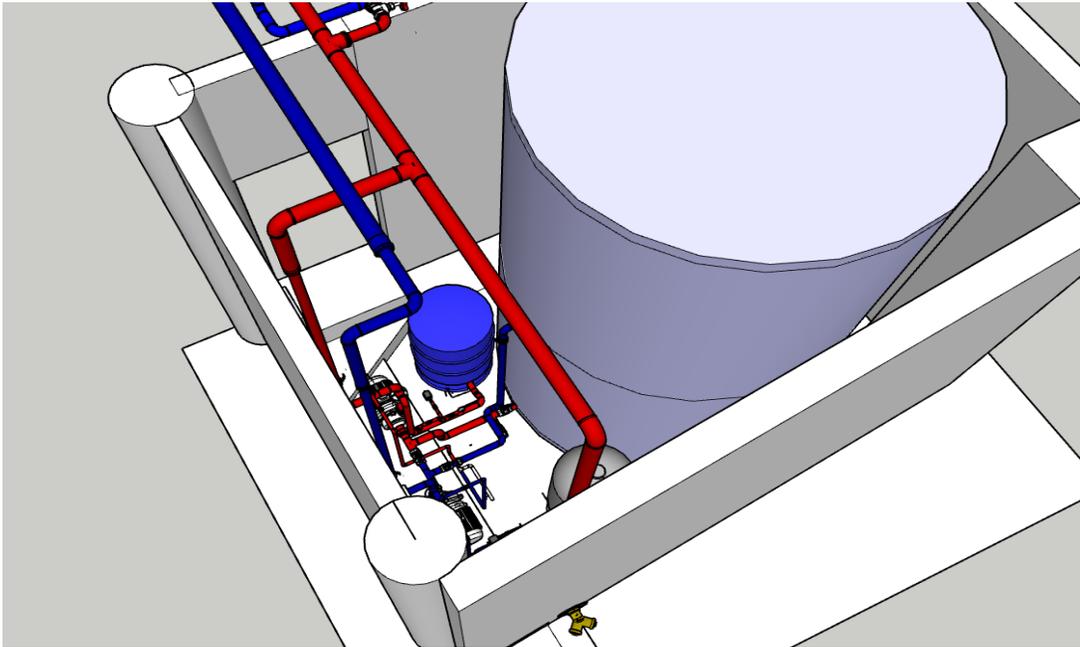
Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022) y su red contra incendios actual.

Anexo 2*Gabinete Oeste nivel 1 (Red actual)*

Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022) y su red contra incendios actual.

Anexo 3

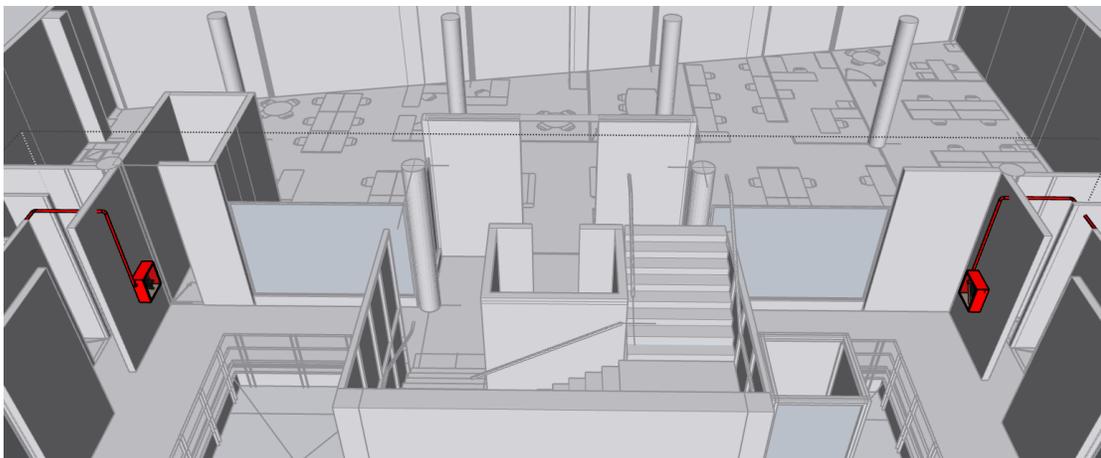
Cuarto de bombas (Red actual).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022) y su red contra incendios actual.

Anexo 4

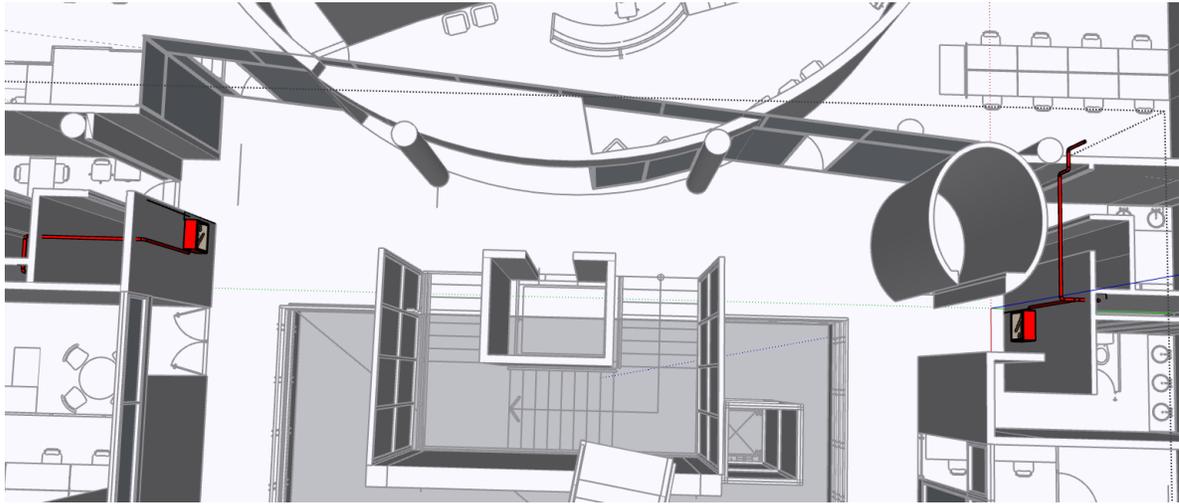
Gabinets del costado Oeste nivel 2 (Red actual).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022) y su red contra incendios actual.

Anexo 5

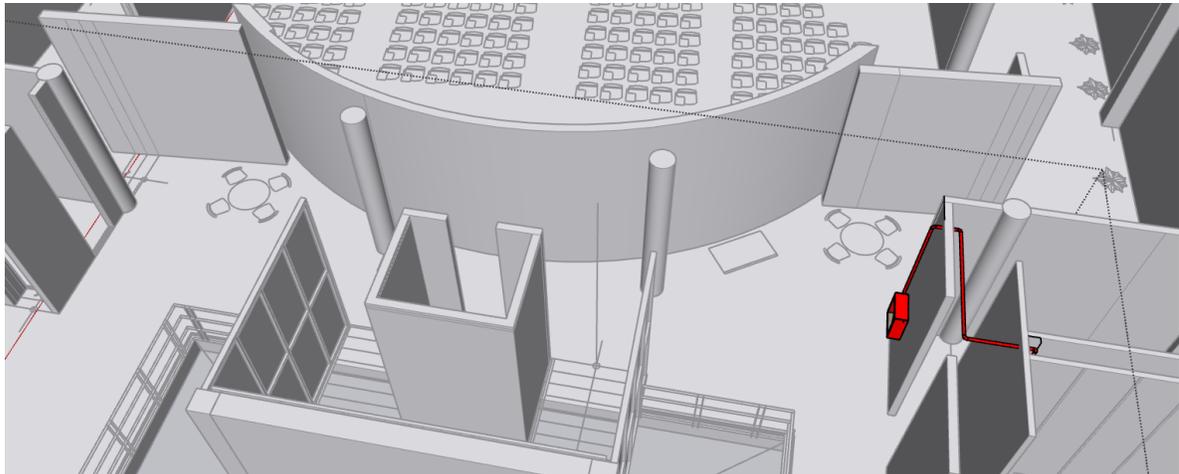
Gabinets del nivel 3, lado Oeste (Red actual).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022) y su red contra incendios actual.

Anexo 6

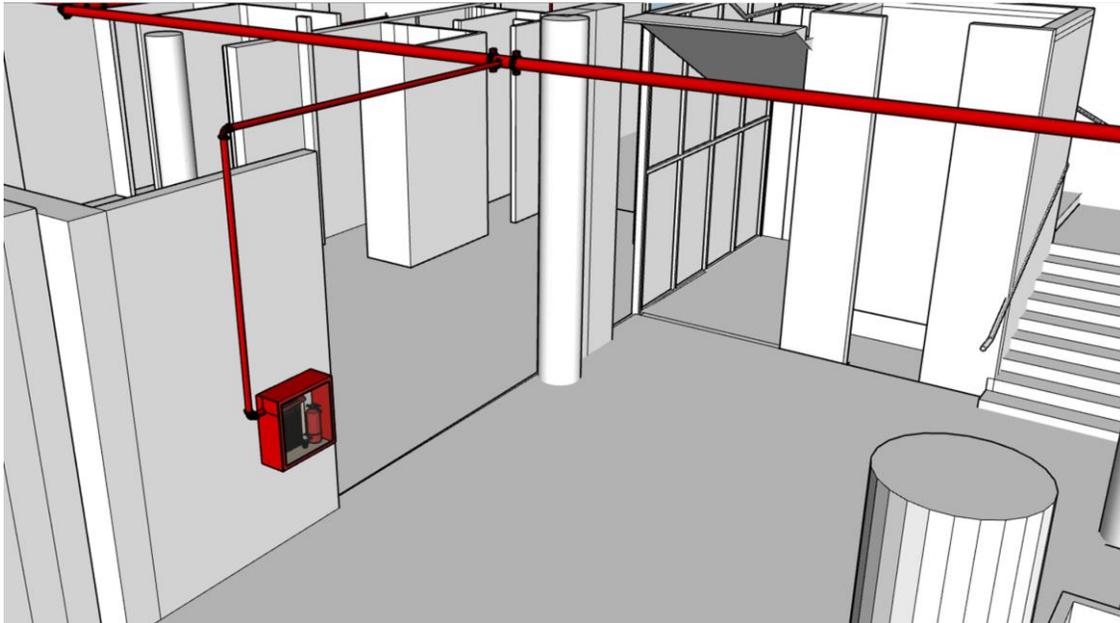
Gabinets del nivel 3, lado Este (Red actual).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022) y su red contra incendios actual.

Anexo 7

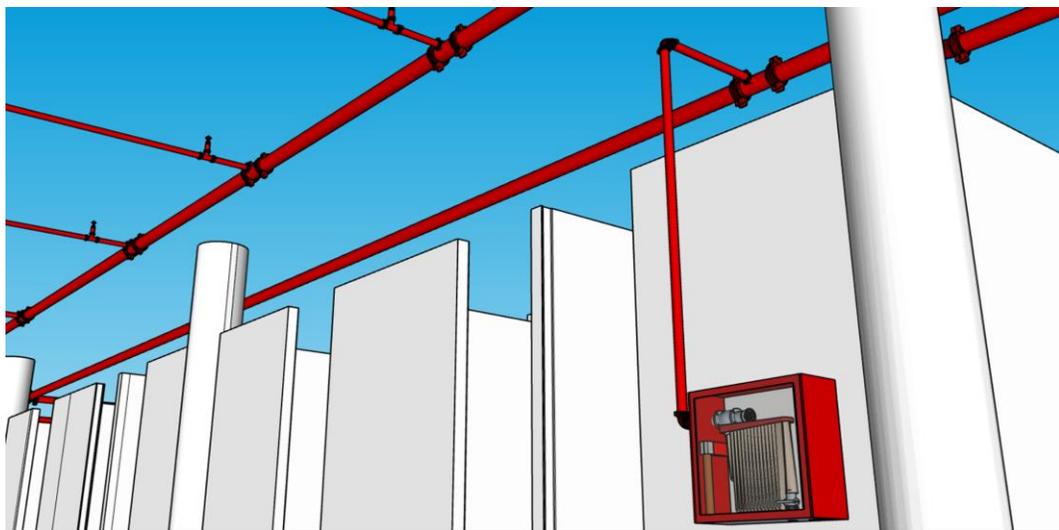
Gabinete oeste nivel 1(Propuesta).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 8

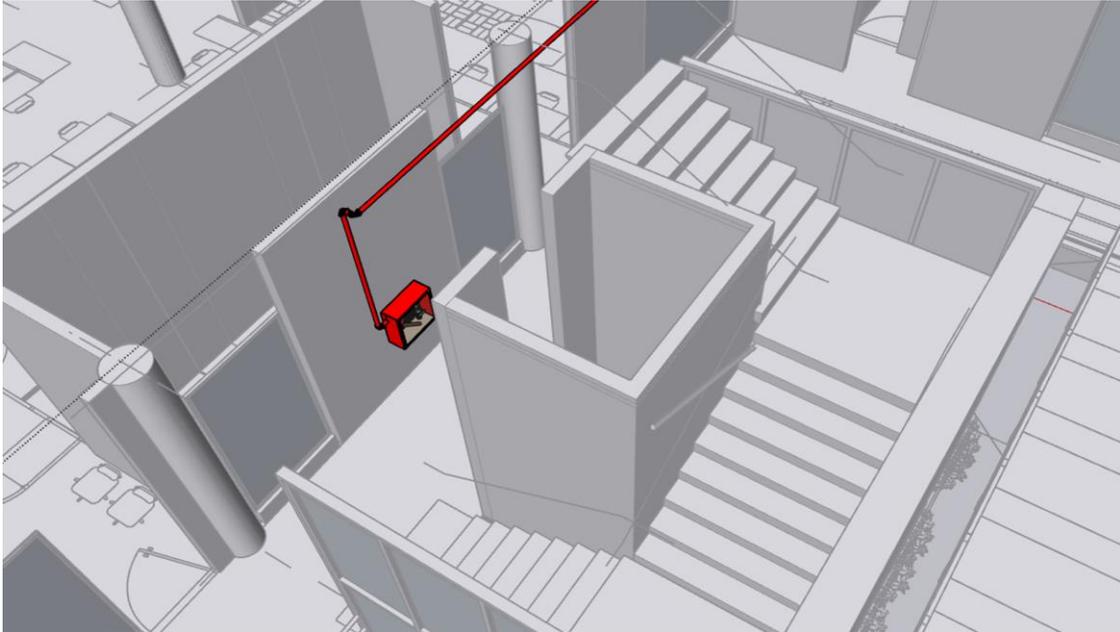
Gabinete Este nivel 1(Propuesta).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 9

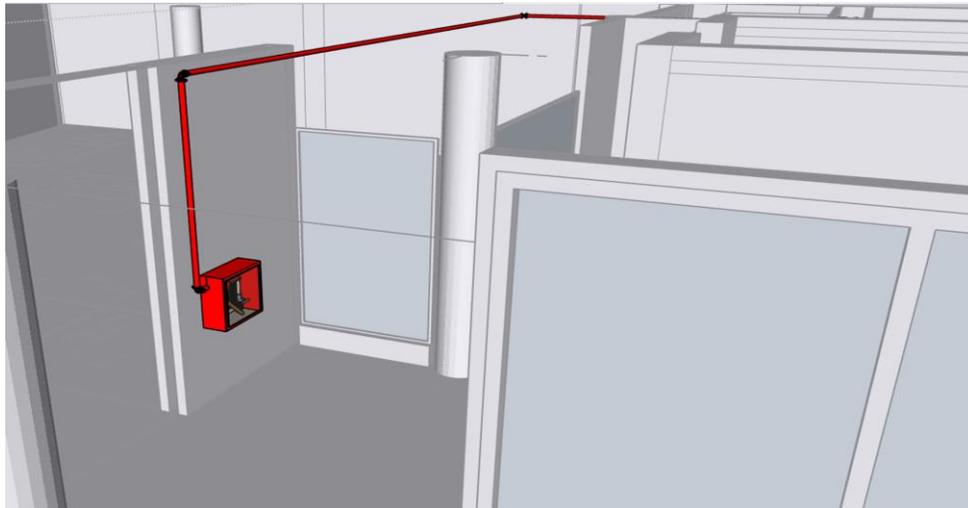
Gabinete de costado Este nivel 2 (Propuesta).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 10

Gabinete de costado Oeste nivel 2 (Propuesta).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 11

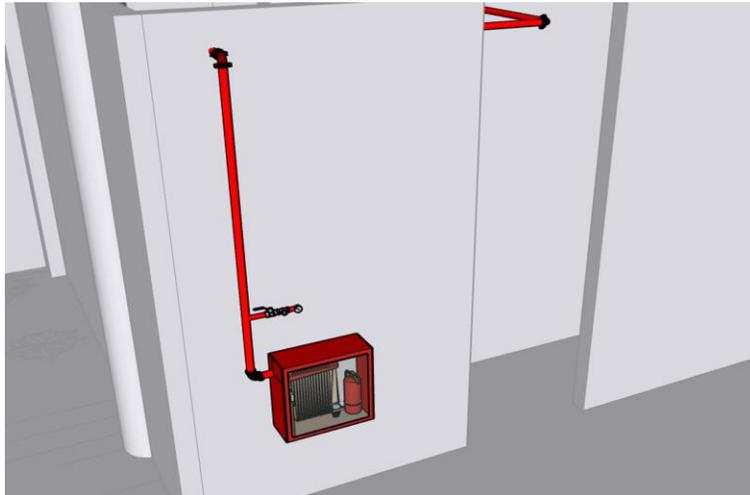
Gabinetes nivel 3 (Propuesta).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 12

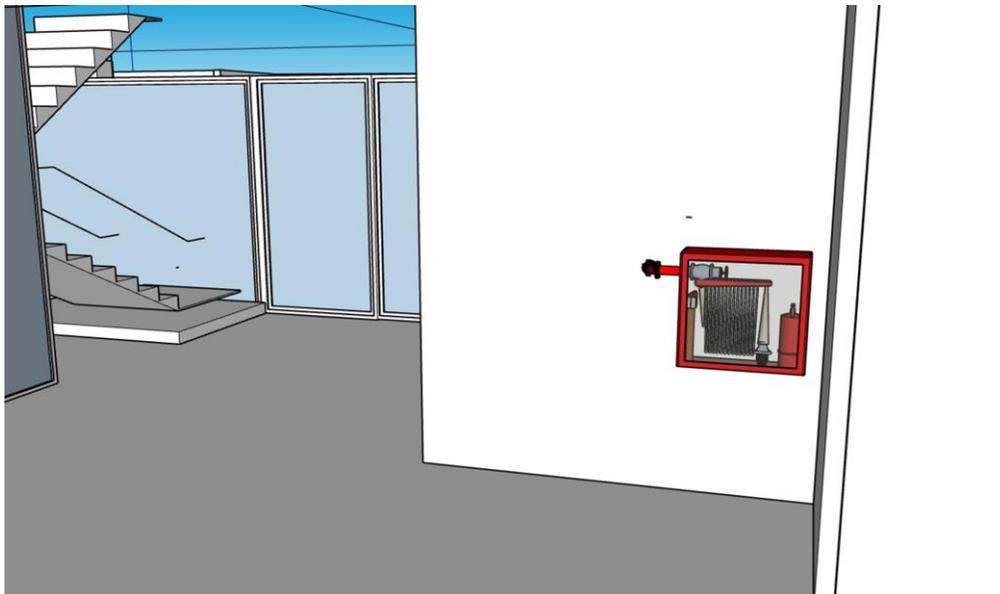
Gabinete de lado este nivel 3 (Propuesta).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 13

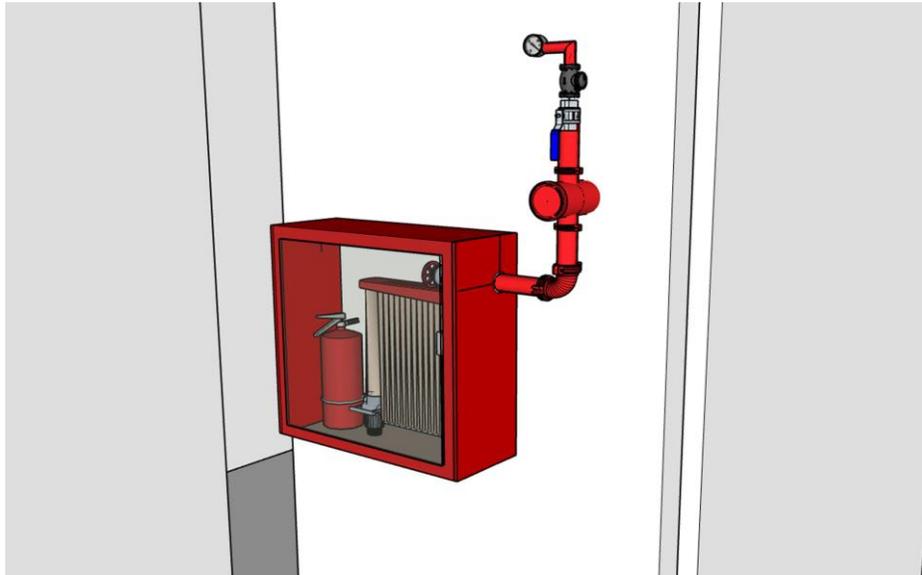
Gabinete nivel 4 (Propuesta).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 14

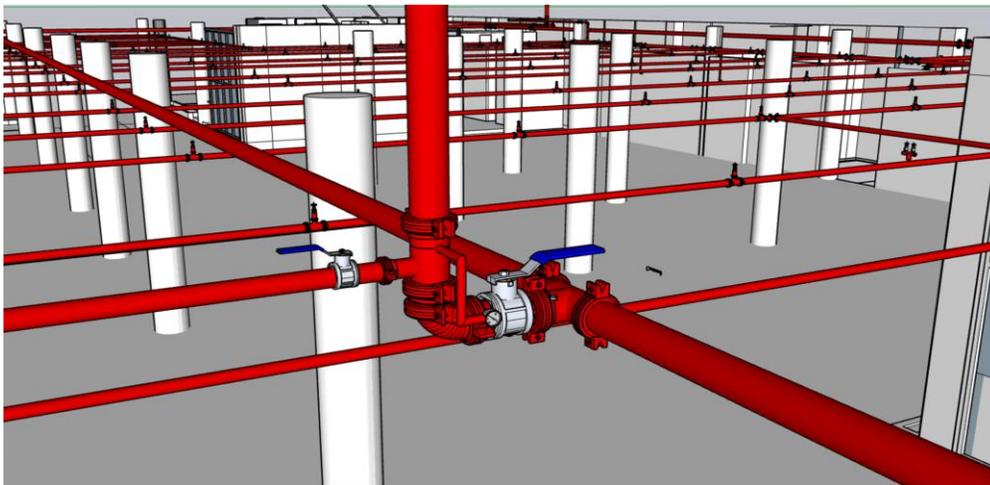
Gabinete nivel 5 (Propuesta).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 15

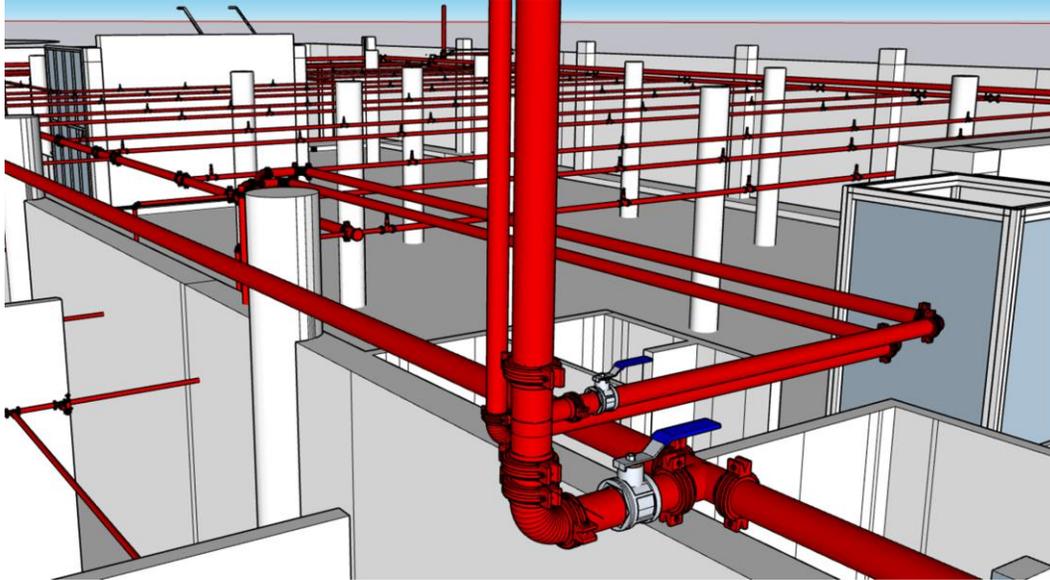
Montante nivel 1 lado Sureste (Propuesta).



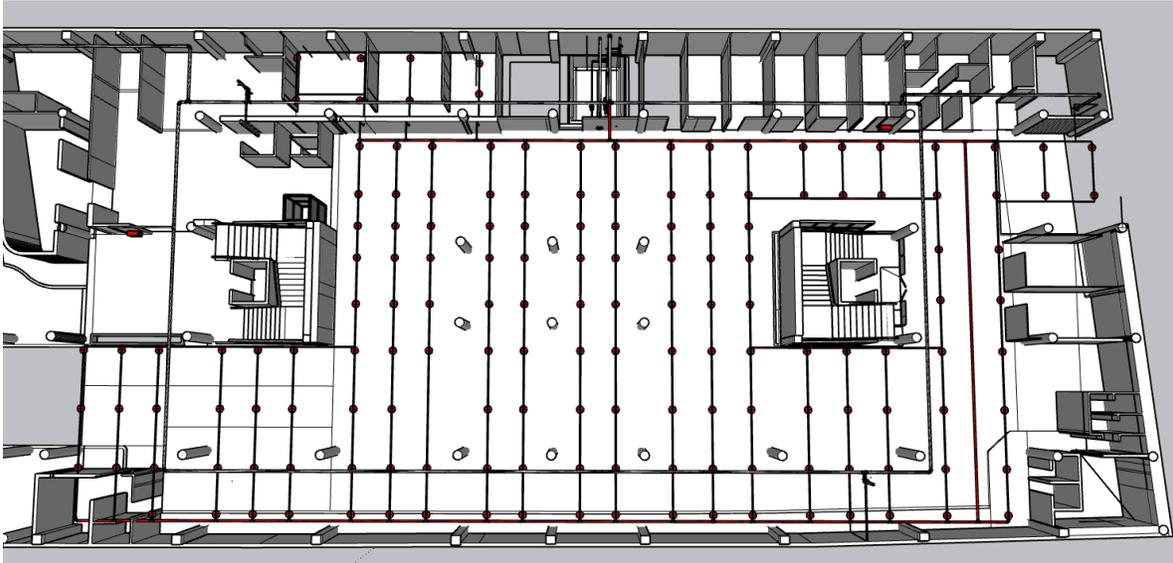
Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 16

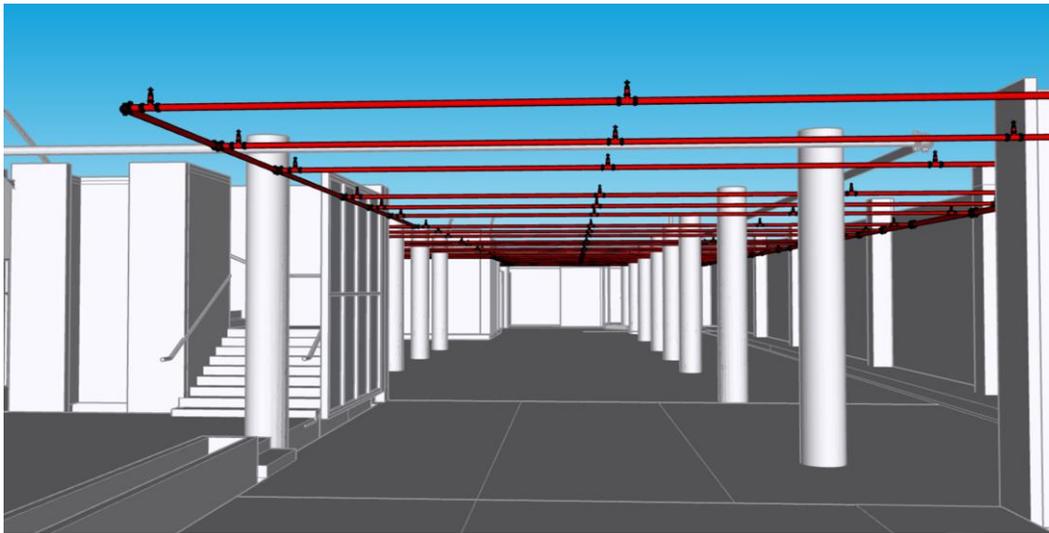
Montante nivel 1 del lado Noroeste (Propuesta).



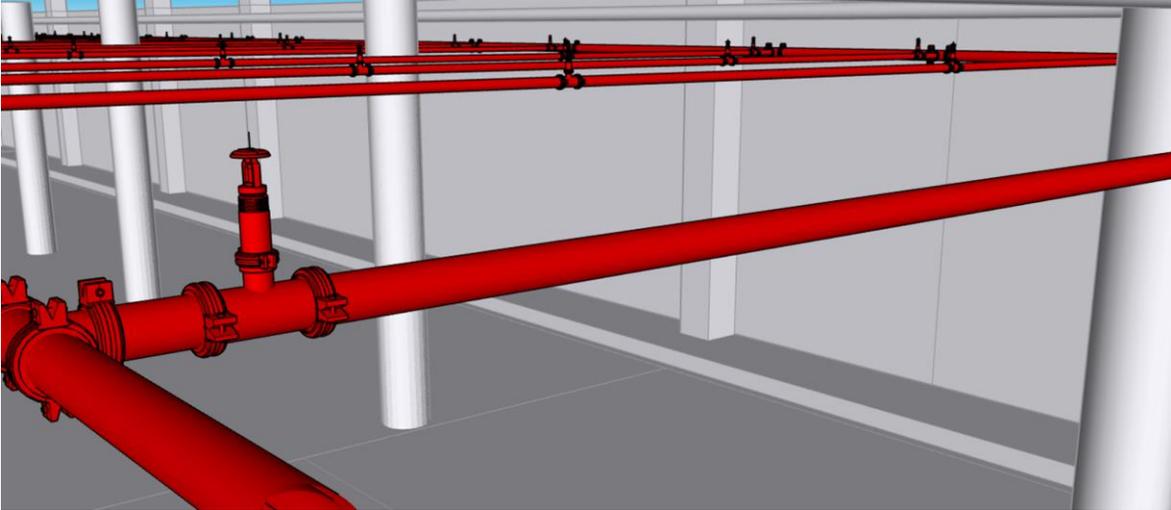
Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 17*Sistema contraincendios Nivel 1 (Propuesta).*

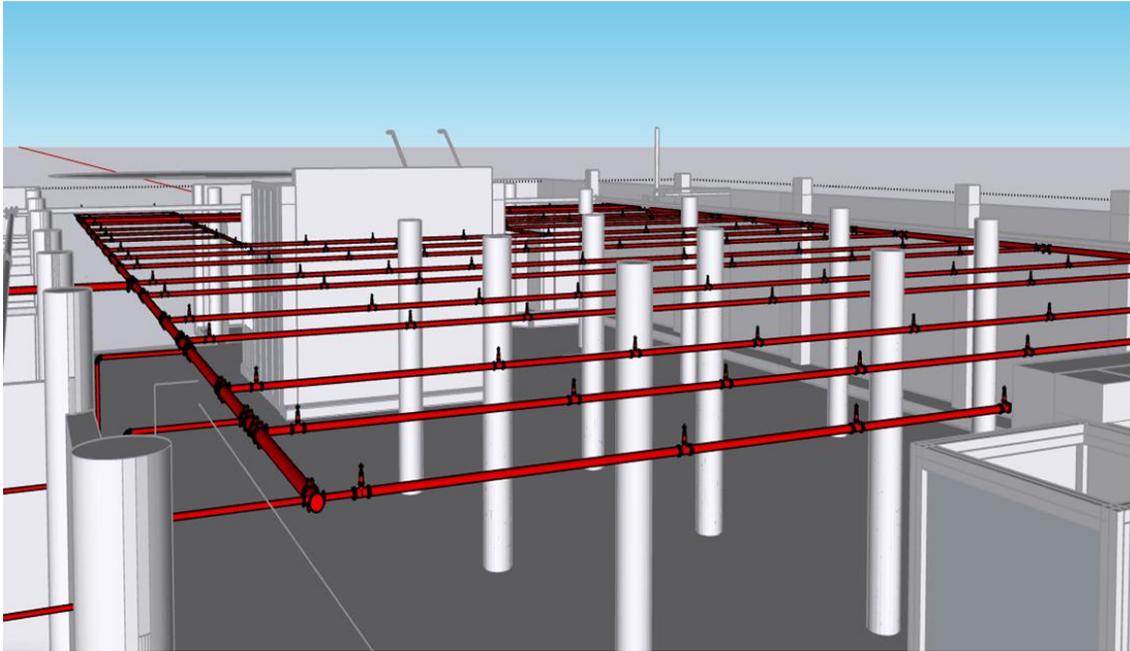
Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 18*Sistema de rociadores Nivel 1 (Propuesta).*

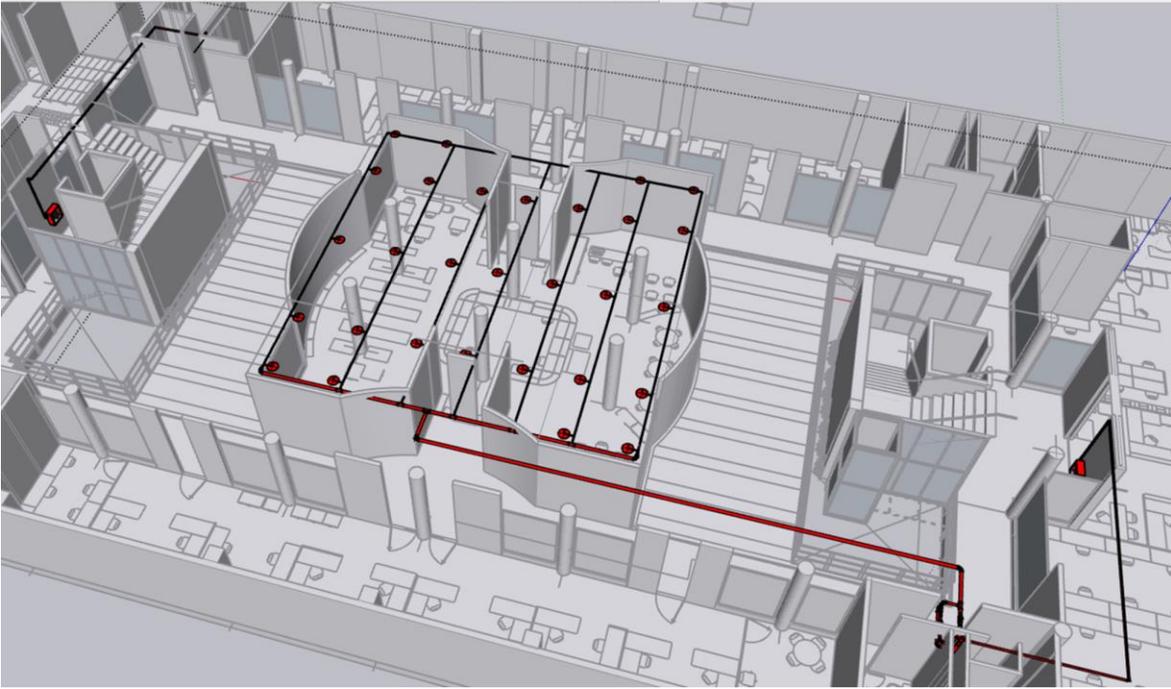
Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 19*Sistema de rociadores Nivel 1 (Propuesta).*

Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 20*Sistema de rociadores Nivel 1 (Propuesta).*

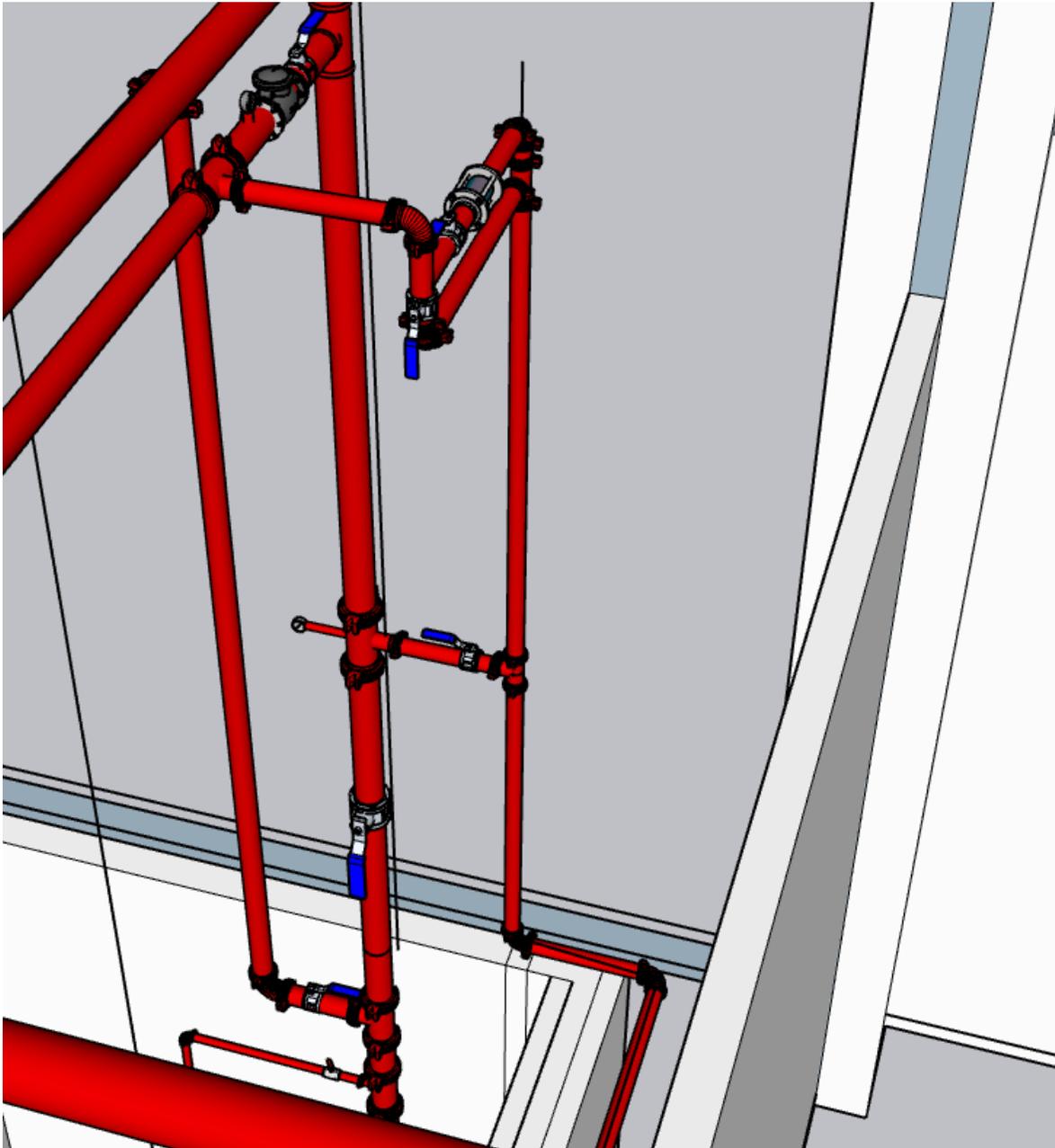
Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 21*Sistema de rociadores Nivel 2 (Propuesta).*

Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 22

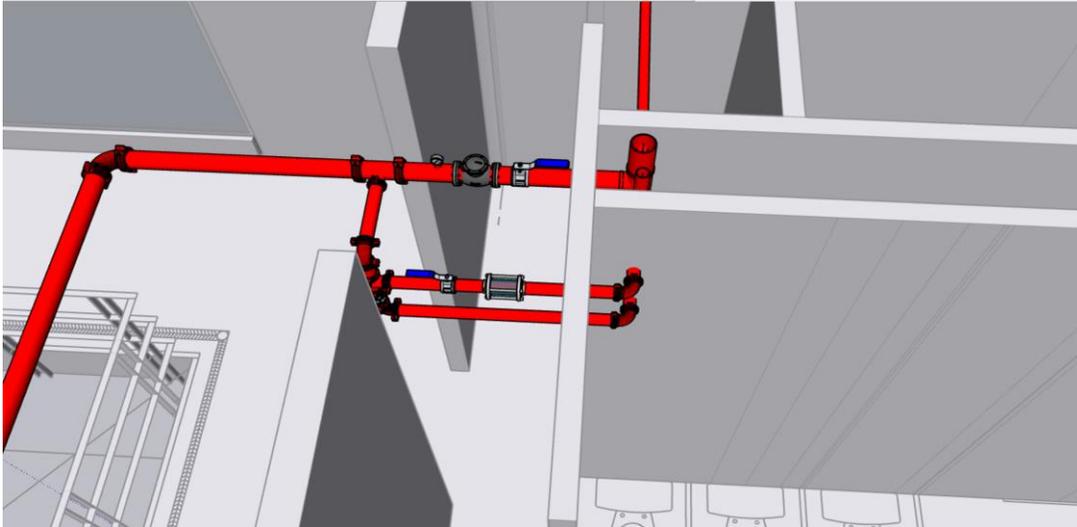
Drenaje y tubería de Prueba, cuarto de bombas y rociadores nivel 1 (Propuesta).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 23

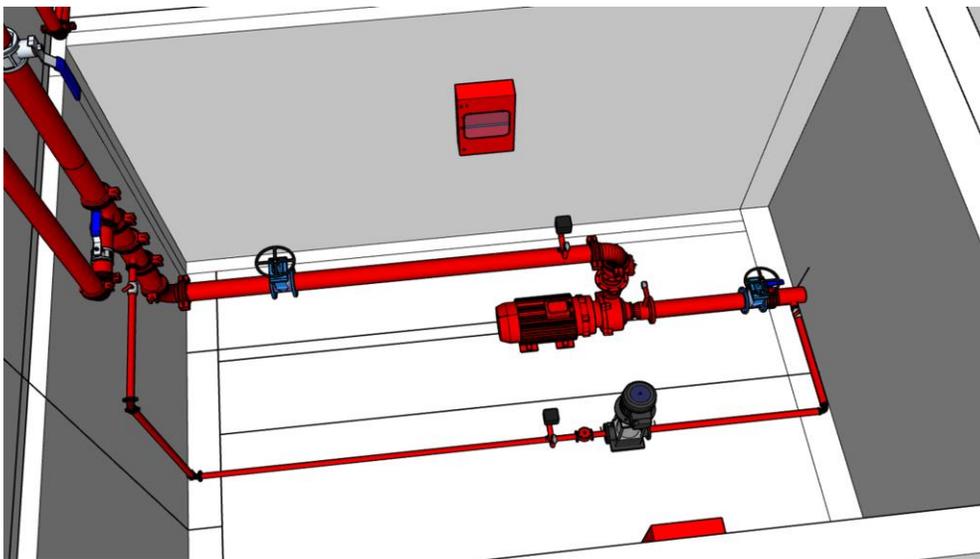
drenaje y tubería de pruebas rociadores nivel 2 (Propuesta).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 24

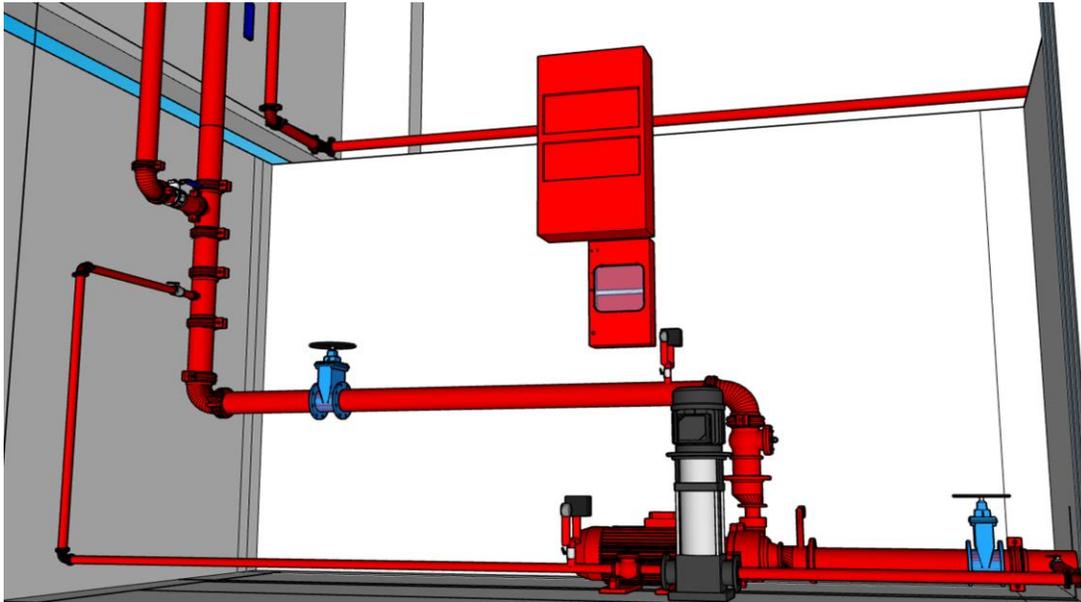
Cuarto de bombas (Propuesta).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).

Anexo 25

Cuarto de bombas (Propuesta).



Nota. Basado en los planos digitales de Corantioquia (2022).