

Auxiliar de Ingeniería en CAC Construcciones y Diseños S.A.S. para la elaboración del
diseño de la red hidráulica de suministro de agua potable en el proyecto

Verdelis (Bucaramanga, Santander)

Deyna Zulyth Silva Ramos

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniera Civil

Director

Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

Doctor en Ingeniería, énfasis Ingeniería Sanitaria y Ambiental

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Físico-Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2026

Dedicatoria

A Dios, por guiar cada uno de mis pasos, por darme la fortaleza en los momentos difíciles y permitirme culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mi hija, quien ha sido mi mayor motivación y el motor que impulsa mi esfuerzo día a día. Todo es por ella y para ella, cada logro alcanzado tiene un significado aún más especial.

A mis padres y padrinos, por su apoyo incondicional y por cada uno de los sacrificios realizados para que hoy este sueño sea una realidad. Este logro también es de ustedes.

Agradecimientos

A la Universidad, por brindarme la formación académica y las herramientas necesarias para desarrollarme como profesional, así como por ser el espacio donde crecí tanto personal como intelectualmente.

A mi director de trabajo de grado, por su orientación, disposición y valiosos aportes durante el desarrollo de este proyecto, los cuales fueron fundamentales para su culminación.

A la empresa CAC Construcciones y Diseños S.A.S por permitirme realizar las prácticas empresariales en sus instalaciones y haberme brindado las valiosas herramientas para culminar este camino.

Tabla de Contenido

Introducción	11
1. Objetivos	13
1.1 Objetivo General.....	13
1.2 Objetivos Específicos.....	13
2. Marcos de Referencia	14
2.1 Marco Teórico.....	14
2.1.1 Red de distribución de agua potable	14
2.1.2 BIM	14
2.2 Marco Legal	15
2.2.1 Reglamento técnico del sector de agua potable, RAS Título B.....	15
2.2.3 Ntc 1500.....	15
2.3 Información general de la empresa	16
2.3.1 CAC Construcciones y Diseños S.A.S	16
2.3.1.1 Misión	16
2.3.1.2 Visión.....	17
3. Desarrollo de la práctica	17
3.1 Gestión y recopilación de la información del proyecto	18
3.2 Estudio de la normativa aplicada a las redes hidráulicas internas	20
3.3 Desarrollo de la propuesta	21
3.3.1 Cálculo del caudal.....	21

3.3.2 Cálculo de las unidades de consumo	27
3.3.3 Trazado de la red hidráulica.....	30
3.3.3 Cálculo de la red de distribución	32
3.3.4 Cálculo de las pérdidas por fricción por el método de Hazen- Williams.	33
3.3.5 Cálculo de la velocidad.....	34
3.3.6 Equipo de bombeo	35
3.3.5 Modelo Epanet.....	36
3.4 Modelado BIM de la red hidráulica.....	38
3.5 Presupuesto de obra	39
3.5 Resultados.....	40
4. Conclusiones.....	41
Referencias Bibliográficas.....	42
Apéndices.....	45

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Dotación por habitante según el nivel de complejidad del sistema	22
Tabla 2 Consumo mínimo en comercios	22
Tabla 3 Estimación del caudal zona residencial	22
Tabla 4 Estimación del caudal zona comercial.....	23
Tabla 5 Tanque de almacenamiento	23
Tabla 6 Gasto máximo probable	24
Tabla 7 Cálculo de acometida.....	26
Tabla 8 Unidades de consumo por aparato sanitario en redes de suministro	27
Tabla 9 Caudales por unidades de consumo de aparatos sanitarios.....	32
Tabla 10 Diseño del sistema de bombeo.....	35
Tabla 11 Especificaciones equipo de bombeo	36
Tabla 12 Presupuesto de obra	39

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Metodología para la ejecución del proyecto.....	17
Figura 2 Estructura en AutoCAD	18
Figura 3 Alzado Arquitectura en AutoCAD	19
Figura 4 Arquitectura en Revit	20
Figura 5 Trazado de la red hidráulica	30
Figura 6 Modelo en Epanet.....	37
Figura 7 Modelo hidráulico en Revit.....	38

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Planos Hidráulicos Verdéis	31
Apéndice B. Memoria de cálculo hidráulico Verdéis.....	36
Apéndice C Modelo Epanet Verdéis	37
Apéndice D Modelo hidráulico Revit.....	39
Apéndice E Presupuesto	39
Apéndice F Datos del modelo Epanet.....	40

Resumen

Título: Auxiliar de Ingeniería en CAC Construcciones y Diseños S.A.S. para la elaboración del diseño de la red hidráulica de suministro de agua potable en el proyecto Verdellis (Bucaramanga, Santander).

Autor: Deyna Zulyth Silva Ramos.

Palabras Clave: Diseño hidráulico, Red de abastecimiento, BIM (Building Information Modeling).

Descripción: El presente trabajo de grado tiene como objetivo describir el proceso de diseño hidráulico de la red de abastecimiento de agua potable del edificio Verdellis, una estructura de 27 pisos, mediante la aplicación de la metodología BIM (Building Information Modeling). Esta metodología permite integrar y coordinar de manera eficiente las diferentes disciplinas involucradas en el proyecto, contribuyendo a la detección temprana de interferencias y a la optimización de recursos durante la etapa de diseño. El proyecto se desarrolla a partir de la elaboración de un modelo tridimensional en el software Autodesk Revit, que facilita la representación detallada del sistema hidráulico y la generación automática de cantidades de obra. Estas cantidades se utilizan como base para la elaboración del presupuesto, mejorando la precisión y confiabilidad de los costos asociados al proyecto. Asimismo, el dimensionamiento de la red hidráulica se realizó con base en la normativa vigente, específicamente en la NTC 1500, que establece los criterios técnicos para el diseño de instalaciones hidráulicas. El desarrollo del trabajo de grado permitió reconocer la importancia de integrar herramientas tecnológicas actuales en el diseño hidráulico, destacando la metodología BIM como un recurso fundamental para optimizar los procesos de modelado, coordinación y análisis. Finalmente, esta experiencia representó un aporte significativo a la formación profesional recibida, al fortalecer los conocimientos y habilidades en el uso de diversas herramientas. Asimismo, contribuyó a obtener experiencia laboral, permitiendo el desarrollo de capacidades aplicadas al entorno real de la ingeniería.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Edgar Ricardo Oviedo Ocaña. Doctor en Ingeniería, énfasis Ingeniería Sanitaria.

Abstract

Title: Engineering Assistant at CAC Construcciones y Diseños S.A.S. for the development of the design of the potable water supply hydraulic network in the Verdelis project (Bucaramanga, Santander).

Author: Deyna Zulyth Silva Ramos.

Key Words: Hydraulic design, Water supply network, BIM (Building Information Modeling).

Description: This thesis aims to describe the hydraulic design process of the potable water supply network for the Verdelis building, a 27-story structure, using Building Information Modeling (BIM). This methodology allows for the efficient integration and coordination of the different disciplines involved in the project, contributing to the early detection of clashes and the optimization of resources during the design phase. The project is developed from the creation of a three-dimensional model in Autodesk Revit software, which facilitates the detailed representation of the hydraulic system and the automatic generation of quantity take-offs. These quantities are used as the basis for budget preparation, improving the accuracy and reliability of the project's associated costs. Furthermore, the sizing of the hydraulic network was carried out based on current regulations, specifically NTC 1500, which establishes the technical criteria for the design of hydraulic installations. The development of this thesis highlighted the importance of integrating current technological tools into hydraulic design, emphasizing BIM as a fundamental resource for optimizing modeling, coordination, and analysis processes. Finally, this experience made a significant contribution to my professional training by strengthening my knowledge and skills in using various tools. It also provided valuable work experience, enabling me to develop skills applicable to real-world engineering environments.

* Degree Work

** Faculty of Physical and Mechanical Engineering, School of Civil Engineering. Director: Edgar Ricardo Oviedo Ocaña. PhD in Engineering, specializing in Sanitary Engineering.

Introducción

En los últimos años, el área metropolitana de Bucaramanga ha experimentado un notable crecimiento urbano y demográfico: entre 2016 y 2022, la población pasó de 1.157.001 a 1.294.317 habitantes, lo que representa un aumento del 11.9 % (Vanguardia, 2023). Este fenómeno ha incrementado la demanda de vivienda y servicios básicos, generando un dinamismo en el mercado inmobiliario que en el primer trimestre de 2024 alcanzó más de 6.600 unidades en oferta y 1.460 ventas, de las cuales el 72 % correspondieron a vivienda de interés social (Camacol Santander, 2024).

Esta situación evidencia la necesidad de proyectos habitacionales planificados y sostenibles, que garanticen la calidad de vida y la eficiencia en el uso de los recursos, especialmente en el suministro de agua potable. En este contexto los métodos tradicionales de diseño presentan dificultades asociadas a la escasa de coordinación entre disciplinas, lo cual puede generar interferencias técnicas, sobrecostos y reprocesos que afectan la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos. En consecuencia, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo puede la metodología BIM contribuir al diseño eficiente y sostenible de las redes hidráulicas del edificio Verdelis?

La metodología BIM (Building Information Modeling) se ha consolidado como una herramienta eficaz para optimizar el diseño de proyectos de construcción, particularmente en el modelado y coordinación de redes hidráulicas, sanitarias y pluviales. En Colombia, esta metodología ha adquirido relevancia en el marco de la construcción sostenible, especialmente en edificaciones con certificaciones internacionales como LEED y EDGE. De acuerdo con Camacol (2025), el país se ha posicionado como referente mundial en construcción sostenible al superar los 20 millones de metros cuadrados certificados con EDGE, lo que ha permitido proyectar

importantes ahorros en consumo de agua y energía, evidenciando la importancia de aplicar soluciones sostenibles en la planificación de proyectos.

CAC Construcciones y Diseños S.A.S., fundada en 2019, ha trabajado en la construcción, interventoría y diseño de sistemas hidráulicos y sanitarios, consolidando experiencia en optimización de recursos y en sostenibilidad. La integración de BIM en proyectos como el edificio Verdellis representa un aporte innovador, pues permite detectar interferencias entre disciplinas, mejorar la coordinación y garantizar un diseño eficiente de los sistemas hidráulicos.

En este contexto, se plantea el diseño de las instalaciones hidráulicas del edificio Verdellis mediante el uso de las herramientas BIM, integrando criterios normativos y de ingeniería con entornos colaborativos. Esto permite no solo optimizar el trazado de las redes, sino también identificar y resolver interferencias con otras disciplinas como la arquitectura y la estructura, las cuales tradicionalmente generan reprocesos, sobrecostos y retrasos en obra.

Asimismo, el proyecto genera impacto tanto en el área de la ingeniería civil y la construcción, al aportar metodologías innovadoras de diseño, como en el ámbito social, al garantizar edificaciones de calidad con un uso racional del agua y de recursos más eficientes, beneficiando a los residentes y a la comunidad en general. La investigación combina un enfoque teórico-práctico, en el que se aplican conceptos de modelado BIM directamente al proyecto, generando resultados replicables en futuros desarrollos de vivienda sostenible.

En el ámbito social, el proyecto contribuye indirectamente a garantizar un suministro de agua potable eficiente y seguro para los futuros usuarios de la edificación, lo cual incide en la calidad de vida y el bienestar de la población. Asimismo, promueve el uso de tecnologías sostenibles y modernas en el sector de la construcción, alineándose con las tendencias actuales de desarrollo urbano responsable.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Proponer el dimensionamiento y modelado en BIM para la red hidráulica de suministro de agua en el proyecto Verdélis (Santander, Colombia).

1.2 Objetivos Específicos

- Dimensionar la red hidráulica de suministro de agua potable en el proyecto Verdélis, acorde con los requerimientos habitacionales, información arquitectónica y estructural, garantizando el cumplimiento de la normativa técnica vigente.

- Elaborar una propuesta técnica preliminar de la red hidráulica en un modelo único de trabajo (BIM), integrando las demás disciplinas (arquitectura y estructura) que intervienen en el proyecto de construcción.

- Realizar el modelado en BIM de la red hidráulica de suministro de agua potable en el proyecto Verdélis.

- Establecer especificaciones técnicas, presupuesto estimado y cronograma de ejecución del diseño propuesto.

2. Marcos de Referencia

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Red de distribución de agua potable

La red hidráulica es el sistema encargado del suministro de agua potable desde un tanque de almacenamiento hasta los puntos de consumo de cada vivienda. Su diseño debe garantizar condiciones adecuadas de presión, caudal y continuidad, de acuerdo con los lineamientos del Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS Título B. En el contexto del proyecto Verdelis, la red hidráulica se diseña considerando la distribución interna de las viviendas, la ubicación de los puntos de consumo y la topografía del terreno. Para el dimensionamiento de la red se consideran diversos parámetros fundamentales, entre los que se incluyen la estimación de la demanda, cálculo de los caudales y la verificación de las presiones mínimas requeridas conforme a lo establecido en la normativa vigente. El método de diseño empleado se basa en la aplicación de la ecuación de Hazen-Williams, mediante la cual se estiman las pérdidas de carga por fricción en las tuberías, considerando variables como el diámetro, la longitud, el material y el coeficiente de rugosidad. A partir de estos cálculos, se realiza un proceso iterativo de ajuste de diámetros, con el fin de garantizar que se cumplan las condiciones de presión mínima en todos los puntos de consumo. Adicionalmente, se tienen en cuenta aspectos como las velocidades del flujo dentro de las tuberías, las pérdidas de carga localizadas por accesorios y las diferencias de nivel asociadas a la topografía del terreno, lo que permite asegurar un funcionamiento hidráulico eficiente y adecuado del sistema.

2.1.2 BIM

Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa y coordinada que integra todas las disciplinas presentes en un proyecto de construcción

intercambiando información de manera eficiente, y de esta forma evitando errores, interferencias, pérdida de materiales en obra, incertidumbres y reduciendo los costos. Mediante software BIM se genera un modelo tridimensional de información que se mantiene actualizado en tiempo real y donde todos los elementos del proyecto están conectados y relacionados entre sí. En el marco del proyecto Verdélis, la metodología BIM se adopta como herramienta principal para el desarrollo del modelo hidráulico, facilitando la integración de los componentes del sistema de agua potable con los elementos estructurales y arquitectónicos.

2.2 Marco Legal

2.2.1 Reglamento técnico del sector de agua potable, RAS Título B

Para la estimación de los consumos del edificio, se tomó como base el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), Título B, el cual establece los valores mínimos y máximos para la dotación neta calculada, partir de esta normativa se definieron los parámetros necesarios para el diseño, clasificando el sistema como un nivel de complejidad alto para un clima cálido, esta última obtenida de la Tabla B.2.5.2.

2.2.3 Ntc 1500

Dentro de esta normativa se destaca la Norma Técnica Colombiana NTC 1500 – Instalaciones hidráulicas y sanitarias (INCONTEC, 2023), que define las especificaciones generales para el diseño, construcción y mantenimiento de las instalaciones de agua potable y alcantarillado sanitario en edificaciones. Esta norma es de especial relevancia para el proyecto Verdélis, ya que el diseño se enfoca principalmente en las redes hidráulicas internas del edificio, garantizando que su funcionamiento cumpla con los estándares de calidad y eficiencia establecidos. Esta norma abarca aspectos como la selección de materiales, los diámetros mínimos

permitidos, las presiones de servicio, las pruebas de estanqueidad y los métodos de instalación, asegurando así que el sistema interno de abastecimiento y del edificio Verdélis se desarrolle conforme a los normativos vigentes.

2.3 Información general de la empresa

2.3.1 CAC Construcciones y Diseños S.A.S

CAC Construcciones y Diseños S.A.S es una empresa colombiana dedicada al diseño, modelamiento y construcción de redes para la prestación de servicios públicos bajo la metodología BIM. Esta compañía, fundada por personal capacitado y con experiencia, se caracteriza por ofrecerles a sus clientes una amplia variedad de recursos tecnológicos para la realización de sus proyectos civiles, desde la compra de lote hasta la gestión de trámites y entrega de redes de servicios públicos para la obtención de matrículas definitivas. Se encuentra ubicada en Bucaramanga, Santander y fue fundada el 02 de enero de 2019 (CAC Construcciones y Diseños S.A.S, s.f.).

2.3.1.1 Misión

Ofrecemos a nuestros clientes, productos y servicios relacionados con el sector de la construcción, la tecnología, formulación, evaluación y gerencia de proyectos en todo el departamento de Santander. Como empresa brindamos un alto nivel de calidad, responsabilidad social y cumplimiento de todas las normas y requisitos, legales, técnicos y reglamentarios basados siempre en la excelencia y el reconocimiento de todos los programas, planes y proyectos que se participe o ejecuten. Nos distinguimos por ser visionarios, innovadores y comprometidos

con la calidad del producto, apoyados siempre en nuestro valioso talento humano (CAC Construcciones y Diseños S.A.S s.f.).

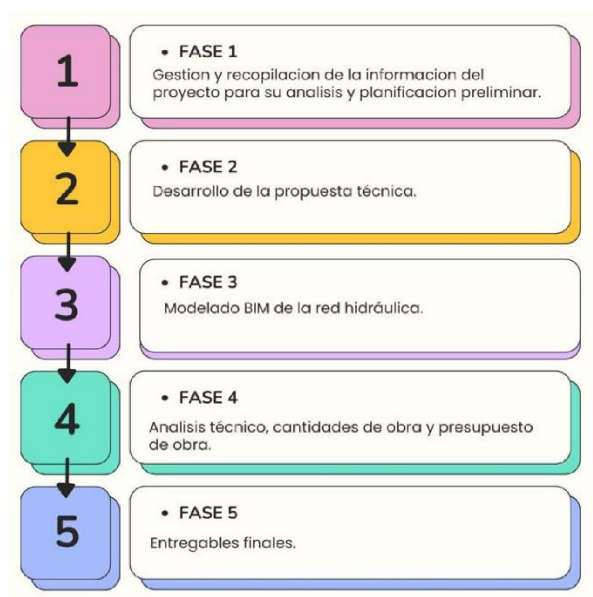
2.3.1.2 Visión

Ser dentro de pocos años, una empresa líder en la formulación, gerencia y construcción de proyectos de obras civiles en el territorio Nacional. Caracterizándonos siempre por una excelente calidad, responsabilidad y cumplimiento, con un equipo altamente comprometido, generando productos innovadores que satisfagan las necesidades de los clientes y las de nuestros trabajadores, para esto contaremos con una cultura organizacional sólida y unificada, centrada en el desarrollo personal (CAC Construcciones y Diseños S.A.S s.f.).

3. Desarrollo de la práctica

Para el desarrollo de la presente práctica, se utilizó la metodología previamente planteada, que establece los lineamientos para la adecuada ejecución del proyecto. En la figura 1 se presenta la metodología empleada.

Figura 1 Metodología para la ejecución del proyecto



Metodología general empleada para el desarrollo del proyecto, en la cual se estableció la secuencia de actividades técnicas necesarias para el dimensionamiento, modelación y coordinación de la red hidráulica. Esta metodología permitió organizar de manera estructurada las etapas de recolección de información, análisis normativo, diseño hidráulico, validación en EPANET, modelado BIM y consolidación de resultados técnicos.

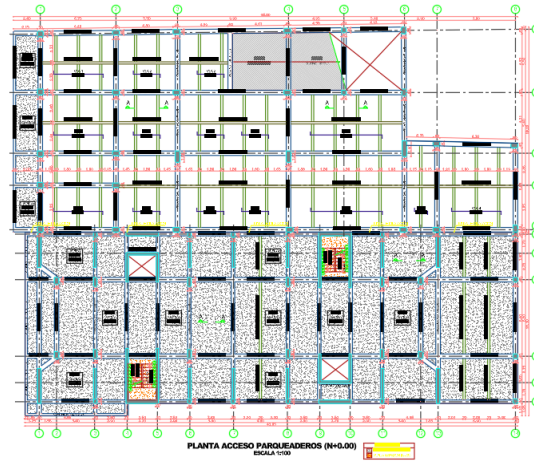
3.1 Gestión y recopilación de la información del proyecto

Como fase inicial, se obtuvo la información general del proyecto suministrada por el propietario (Comfenalco Santander) a la empresa (CAC Construcciones y Diseños S.A.S.).
Nombre del proyecto: Verdelis Multifamiliar VIS.

Ubicación: Calle 8 con carrera 17, Comuneros.

El proyecto consiste en la construcción de una torre de 28 pisos, con 2 niveles destinados a la zona de parqueo. A continuación, se presenta la información suministrada por el propietario del proyecto, la cual incluye plantas estructurales, planos arquitectónicos y modelos en Revit. En las figuras 2 y 3 se presenta la información gráfica correspondiente a la estructura y arquitectura en AutoCAD (alzado y planta) y en la figura figura 4 se presenta la arquitectura en Revit. Esta información es fundamental para el desarrollo del diseño, ya que permite adaptar eficientemente el trazado de las redes, garantizando su correcta integración con la edificación y asegurando la viabilidad y sostenibilidad del proyecto.

Figura 2 Estructura en AutoCAD



Plano estructural base desarrollado en AutoCAD, suministrado como insumo técnico para el desarrollo del diseño hidráulico del proyecto. Dicho plano permitió identificar la disposición de los elementos estructurales, tales como vigas, columnas y losas, y sirvió como referencia para la definición del trazado de la red y la coordinación espacial del sistema

Figura 3 Alzado Arquitectura en AutoCAD



Modelo arquitectónico base empleado como referencia para la distribución espacial de la red hidráulica, en el cual se identificaron y analizaron los espacios funcionales del proyecto para la ubicación de puntos de consumo, bajantes y buitrones a lo largo de todos los niveles de la edificación. Este modelo permitió definir la disposición vertical del sistema y garantizar la adecuada integración de la red hidráulica con la configuración arquitectónica del edificio.

Figura 4 Arquitectura en Revit



Modelo BIM interdisciplinario desarrollado para la integración y coordinación de las disciplinas arquitectónica, estructural e hidráulica en un entorno único de trabajo. Este modelo permitió la revisión conjunta de los sistemas proyectados, facilitando la identificación de interferencias entre elementos constructivos e instalaciones, la validación espacial de los componentes y la optimización del diseño mediante la detección anticipada de conflictos técnicos.

3.2 Estudio de la normativa aplicada a las redes hidráulicas internas

Se realizó el estudio de las normas que rigen los diseños de las redes hidráulicas como parte esencial del proceso de modelamiento y apoyo al diseño. Es indispensable para que los diseños

cumplan con lo establecido para ser aprobados por las entidades públicas prestadoras de los servicios. Para la estimación de los consumos del edificio, se tomó como base el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. A partir de esta normativa se definieron los parámetros necesarios para el diseño, clasificando el sistema como de nivel de complejidad alto para un clima cálido, acorde con lo establecido en el RAS 2000 título B.

Así mismo, el Código Colombiano de Fontanería (NTC 1500) fue considerado para la elaboración de la memoria de cálculo, en la cual se tienen en cuenta los consumos asociados a cada aparato sanitario, así como las presiones requeridas para su adecuado funcionamiento.

3.3 Desarrollo de la propuesta

En esta fase se formuló la propuesta técnica inicial de la red hidráulica de suministro de agua potable, considerando los requerimientos arquitectónicos, estructurales y funcionales del proyecto Verdelis. Se establecieron los criterios de diseño con base en la normativa vigente (resolución 0799 de 2021 y normas NTC aplicables), definiendo los parámetros de presión, caudal, velocidad de flujo, pérdidas de carga, diámetros comerciales y materiales a utilizar.

3.3.1 Cálculo del caudal

Para el cálculo del caudal de diseño se utilizó la RAS 2000 título B, la dotación de diseño fue determinada con base en el artículo de dotación neta por habitante teniendo en cuenta la tabla 1 del RAS 2000, adoptándose un valor de 150 L/ hab-día correspondiente a sistemas de nivel de complejidad alto en zonas de clima cálido, para efectos de esta clasificación la norma considera como clima cálido aquella zona o territorio nacional ubicada por debajo de los 1000 m.s.n.m, condición que cumple el área de estudio como se muestra en la tabla 1 para la zona residencial.

Para la zona comercial, se adoptó una dotación de 6 L/m²/día, valor que fue tomado de la normativa establecida como se muestra en la tabla 2.

Tabla 1 Dotación por habitante según el nivel de complejidad del sistema

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta (L/hab día) climas templado y frío	Dotación neta (L/hab día) clima cálido
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

Tabla 2 Consumo mínimo en comercios

Tipo de instalación	Consumo de agua
Oficinas (Cualquier tipo)	20L/m ² /día
Locales comerciales	6L/m ² /día
Mercados	100L/m ² /día
Lavanderías de autoservicio	40L/Kilo de ropa seca
Clubes deportivos y servicios privados	150L/asistente/día
Cines y teatros	6L/asistente/día

Para el cálculo se consideró el número de personas por apartamento y por tipo de apartamento. Posteriormente, se multiplicó el número de apartamentos por la cantidad de habitantes y por la dotación máxima para determinar el caudal de diseño, dicho calculo se realizó para la zona comercial y la zona residencial como se muestran en las tablas a continuación (ver Tabla 3 y 4).

Tabla 3 Estimación del caudal zona residencial

Tipo apto	# Personas/apto	# Apartamentos	# Personas Total
TIPO E-F (1 ALCOBA)	3	49	147
TIPO C-D (2 ALCOBAS)	4	49	196
TIPO A-B (3 ALCOBAS)	5	98	490

Tipo apto	# Personas	Consumo	Consumo Parcial
TIPO E-F	147	150 L/Persona/día	22050 l/día
TIPO C-D	196	150 L/Persona/día	29400 l/día
TIPO A-B	490	150 L/Persona/día	73500 l/día
Consumo Total Residencial			124950 l/día

Tabla 4 Estimación del caudal zona comercial

COMERCIAL			
No. Local	Área total	Consumo	Consumo parcial
C1	49.51	6 l/m ²	297 l/día
C2	60.01	6 l/m ²	360 l/día
C3	60.42	6 l/m ²	363 l/día
Consumo Total Comercial			657 l/día

Como resultado, se obtuvo un consumo total de diseño de 125 607 L/día, correspondiente a la demanda conjunta de las zonas residencial y comercial del edificio.

A partir del cálculo previo de la capacidad requerida, se procedió a determinar el volumen del tanque de almacenamiento, así mismo se obtuvo del diseño contraincendio el volumen requerido para el almacenamiento. Con base en este volumen, se establecieron las dimensiones del tanque, como se presenta en la tabla 5 a continuación:

Tabla 5 Tanque de almacenamiento

VOLUMEN DEL TANQUE	
Volumen de almacenamiento	125607 litros
Volumen contra incendios	57600 litros
Volumen del tanque bajo	183207 litros
DIMENSIONES DEL TANQUE	
Área	41.90 m ²
H mín. lámina de agua Consumo	3.00 m
H mín. lámina de agua Incendio	1.38 m
H mín. lámina de agua	4.37 m
H Borde Libre	0.28 m
H Tanque	4.65 m

Para este proyecto se realizó un tanque de almacenamiento de aguas lluvias, el cual se presenta estipulado en la memoria de cálculos.

Una vez determinado el consumo total del edificio, se realizó el cálculo de la acometida general, tomando como base el volumen de consumo diario y un tiempo de llenado de 10 horas.

La ecuación 1 empleada para el cálculo se presenta a continuación:

Ecuación 1 Calculo caudal de la acometida

$$Q \text{ Acometida} = \frac{125607 \text{ litros}}{10 \text{ horas}/3600}$$

$$Q \text{ Acometida} = 3.49 \text{ lps}$$

Posteriormente, se estableció el diámetro del medidor, en este caso se adoptó un diámetro de 1 1/2". Con base en este valor, se seleccionó el caudal nominal correspondiente según las especificaciones de la tabla 6.

Tabla 6 Gasto máximo probable

Diámetro de medidor (mm)	Consumo máximo diario (m3/día) C	Gasto máximo (l/segundo) (QMP)
13	3	0.83
19	5	1.33
25	7	1.95
38	20	5.56

Así mismo, se calculó el 80 % del caudal nominal del medidor, con el fin de verificar su capacidad de operación frente al caudal de la acometida. Como criterio de validación, se verificó que el 80 % del caudal nominal del medidor (4.45 L/s) fuese superior al caudal de diseño de la acometida (3.49 L/s), garantizando así la capacidad de operación del medidor seleccionado; en caso contrario, se requiere seleccionar un medidor de mayor diámetro.

Posteriormente, se realizó el cálculo de la pérdida de carga en el medidor, como se presenta en la ecuación a continuación.

Ecuación 2 Cálculo de pérdidas del medidor

$$Hf_{medidor} = \left(\frac{Q_{acometida}}{Q_n \text{ (lps)}} \right)^{2*10}$$

$$Hf_{medidor} = \left(\frac{3.49 \text{ lps}}{5.56 \text{ lps}} \right)^{2*10} = 3.94 \text{ m}$$

Posteriormente, se determinaron las pérdidas por fricción en la acometida, para lo cual se seleccionó tubería de PVC con coeficiente de rugosidad $C = 150$ de acuerdo con la teoría de Hazen-William, con estos parámetros, se calculó la pérdida de carga por fricción, como se presenta en la ecuación 3 a continuación:

Ecuación 3 Constante de perdidas por friccion

$$J = \left(\frac{Q}{0.2785 * C * D^{2.63}} \right)^{1.851}$$

$$J = \left(\frac{3.49 \text{ lps}}{0.2785 * 150 * (2 * 00254)^{2.63}} \right)^{1.851}$$

$$J = 0.0394 \frac{m}{m}$$

Finalmente, se obtuvo la pérdida por fricción en la tubería teniendo en cuenta la longitud de la acometida, como se presenta en la ecuación 4:

Ecuación 4 Cálculo de pérdidas de la tubería

$$Hf = 0.0394 \text{ m/m} * 38.58 \text{ m} = 1.52 \text{ m}$$

Una vez obtenidas las pérdidas en la tubería, se calculó la presión de llegada al tanque subterráneo, tomando como base la presión disponible en el punto de empalme, correspondiente a 14 m.c.a., valor suministrado por la empresa prestadora del servicio. Así mismo, se consideró la

diferencia de nivel en el punto de empalme, correspondiente a -0.50 m, con el fin de determinar la presión final de llegada al tanque. La expresión empleada para su cálculo se presenta a continuación.

Ecuación 5 Presión de llegada al tanque subterráneo

$$Presion\ de\ llegada = Pe + Ne - Ns - Hf\ medidor - Hf\ Tubería$$

$$Pe = Presion\ en\ el\ punto\ de\ empalme$$

$$Ne = Nivel\ en\ el\ punto\ de\ empalme\ de\ la\ acometida$$

$$Ns = Nivel\ superior\ de\ llegada$$

$$Hf = Perdidas\ del\ medidor$$

$$Hf = Perdidas\ por\ fricción\ de\ la\ tubería$$

$$Presion\ de\ llegada = 14 + (-0.50) - 0.50 - 3.94 - 1.52 = 8.54\ m$$

Los cálculos presentados anteriormente se realizaron con el fin de determinar el caudal de diseño requerido para el abastecimiento del sistema, como se presenta en la tabla 7 a continuación:

Tabla 7 Cálculo de acometida

CÁLCULO DE LA ACOMETIDA GENERAL			
CAUDAL ACOMETIDA		CAUDAL ACOMETIDA	
Volumen de consumo	125607 litros	Caudal Q	3.49 lps
Tiempo de llenado Tll	10.00 horas	Clase de tubería	PVC
Q acometida	3.49 lps	C	150
PERDIDAS POR MEDIDOR GENERAL		K	0.02
		Ø nominal	2.00 plg
Ø Medidor	1.50 plg	Ø interno	2.15 plg
Qn (lps)	5.56 lps	V (m/s)	1.49
80% de Qn (lps)	4.45 lps	J (m/m)	0.0394
		L tub. acometida	38.58 m

hf medidor	6.15 m	Perdidas por fricción hf	1.52 m
PRESION DE LLEGADA AL TANQUE			
Pe	14.00 m.c.a	Presión en el punto de empalme	
Ne	-0.50 m	Nivel punto empalme acometida	
Ns II	-0.50 m	Nivel superior agua tanque llegada (Ns II)	
P llegada	6.33 m	Presión de llegada al tanque subterráneo	

3.3.2 Cálculo de las unidades de consumo

Para el cálculo de las unidades de consumo se tomó como referencia la NTC 1500, de la cual se obtienen las unidades de consumo asignadas a cada aparato sanitario tomadas de la tabla 8. Con base en estos valores, se determinó la cantidad de aparatos sanitarios por tipología de apartamento y, posteriormente, se realizó el cálculo de las unidades de consumo correspondientes según los valores establecidos en la norma.

Tabla 8 Unidades de consumo por aparato sanitario en redes de suministro

Aparato	Uso	Tipo de control de suministro	Valores de carga. en unidades de aparato de suministro de agua (w.s.f.u.)		
			Fría	Caliente	Total
Grupo de Baño	Privado	Sanitario de tanque	3,7	1,5	4,3
Grupo de Baño	Privado	Válvula fluxómetro	5,5	1,5	6,1
Tina	Privada	Grifería	1,0	1,0	1,4
Tina	Público	Grifería	3,0	3,0	4,0
Bidé	Privado	Grifería	1,5	1,5	2,0
Accesorio de combinación	Privado	Grifería	2,25	2,25	3,0
Lavavajillas	Privado	Automático	-	1,4	1,4
Bebedores	Oficinas, etc.	Válvula 3/8 de pulgada	0,25	-	0,25
Lavaplatos de cocina	Privado	Grifería	1,0	1,0	1,4
Lavaplatos de cocina	Hotel, restaurante	Grifería	3,0	3,0	4,0

Fregadero bateas (1 a 3)	Privado	Grifería	1,0	1,0	1,4
Lavamanos	Privado	Grifería	0,5	0,5	0,7
Lavamanos	Público	Grifería	1,5	1,5	2,0
Pocetas de aseo	Oficinas, etc.	Grifería	2,25	2,25	3,0
Ducha	Público	Válvula mezcladora	3,0	3,0	4,0
Ducha	Privado	Válvula mezcladora	1,0	1,0	1,4
Orinal	Público	0.5 Lpf a 1 Lpf	1,0	-	1,0
Orinal	Público	1.1 Lpf a 2.0 Lpf	2,0	-	2,0
Orinal	Público	Tanque de descarga > 2.0 Lpf	30	-	3,0
Máquina automática de lavar ropa (8 lb)	Privado	Automático	1,0	1,0	1,4
Máquina automática de lavar ropa (8 lb)	Público	Automático	2,25	2,25	3,0
Máquina automática de lavar ropa (15 lb)	Público	Automático	3,0	3,0	4,0
Inodoro	Privado	Válvula Fluxómetro	4,0	-	4,0
Inodoro	Privado	Tanque de descarga	2,2	-	2,2
Inodoro	Público	Válvula Fluxómetro	6,0	6,0	
Inodoro	Público	Tanque de descarga	5,0	-	5,0
Inodoro	Público o privado	Tanque fluxómetro	2,0	-	2,0

A continuación, se presenta el desarrollo del cálculo de las unidades de consumo para cada tipología de apartamento, considerando la cantidad de aparatos sanitarios y las unidades de consumo asignadas a cada uno de ellos, de acuerdo con lo establecido en la NTC 1500. Este procedimiento permite determinar la carga hidráulica de cada unidad habitacional y establecer la base para el cálculo del caudal probable de diseño del sistema.

APTOS TIPO A-B-C-D							
APARATO	CANT.	Agua Fría		Agua Fría + Agua Caliente			
		UG AF	Σ UG AF	UG AF	UG AC	Σ UG AF	Σ UG AC
Lavaplatos	1	1.4	1.4	1.4	0	1.4	0
Nevera	0	0.7	0	0.7	0	0	0
Lavadora	1	1.4	1.4	1	1	1	1
Lavadero	1	1.4	1.4	1.4	0	1.4	0
Ducha	2	1.4	2.8	1	1	2	2

Inodoro Tanque	2	2.2	4.4	2.2	0	4.4	0
Lavamanos	2	0.7	1.4	0.7	0	1.4	0
		Σ			Σ		
		UG=	12.8		UG=	11.6	3
Σ UG (AF+AC)=						14.6	

APTOS TIPO E-F

APARATO	CANT.	Agua Fría		Agua Fría + Agua Caliente			Σ UG AC
		UG AF	Σ UG AF	UG AF	UG AC	Σ UG AF	
Lavaplatos	1	1.4	1.4	1.4	0	1.4	0
Nevera	0	0.7	0	0.7	0	0	0
Lavadora	1	1.4	1.4	1	1	1	1
Lavadero	1	1.4	1.4	1.4	0	1.4	0
Ducha	1	1.4	1.4	1	1	1	1
Inodoro Tanque	1	2.2	2.2	2.2	0	2.2	0
Lavamanos	1	0.7	0.7	0.7	0	0.7	0
		Σ			Σ		
		UG=	8.5		UG=	7.7	2
Σ UG (AF+AC)=						9.7	

PORTERIA

LOCALES 1-2-3

APARATO	CANT.	Agua Fría		APARATO	CANT.	Agua Fría	
		UG AF	Σ UG AF			UG AF	Σ UG AF
Inodoro Privado Tanque	2	2.2	4.4	Inodoro Privado Tanque	1	2.2	2.2
Lavamanos privado	2	0.7	1.4	Lavamanos privado	1	0.7	0.7
		Σ				Σ UG=	
		UG=	5.8				2.9

ZONAS COMUNES

APARATO	CANT.	Agua Fría	
		UG AF	Σ UG AF

Lavaplatos	2	1.4	2.8
Lavatraperos	1	1.4	1.4
Punto piscina	1	3	3
Punto turco	1	3	3
Lavapies	1	1.4	1.4
Ducha	1	1.4	1.4
Inodoro Tanque	4	2.2	8.8
Punto llave terminal	6	3	18
Lavamanos	4	0.7	2.8
		Σ UG=	42.6

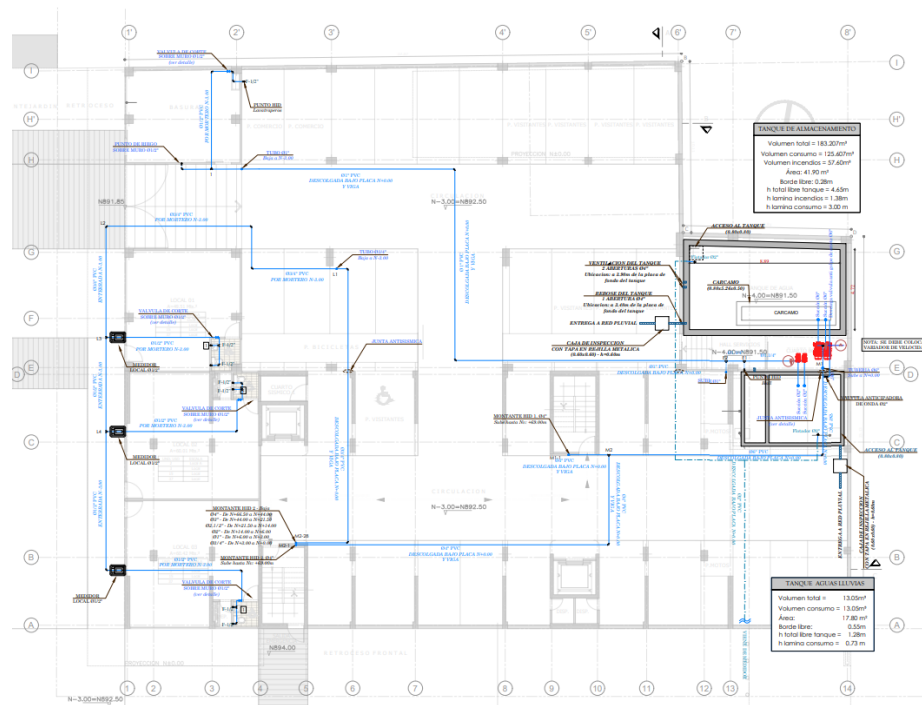
RESUMEN DE UNIDADES DE CONSUMO

ZONA	CANT.	Agua Fría		Agua Fría + Agua Caliente	
		UG AF	Σ UG AF	UG (AF+AC)	Σ UG (AF+AC)
LOCALES 1-2-3	3	2.9	8.7	2.9	8.7
APTOS TIPO A- B-C-D	147	12.8	1881.6	14.6	2146.2
APTOS TIPO E-F	49	8.5	416.5	9.7	475.3
PORTERIA	1	5.8	5.8	5.8	5.8
ZONAS COMUNES	1	42.6	42.6	42.6	42.6
		Σ UG=	2355.2	Σ UG (AF+AC)=	2678.6

3.3.3 Trazado de la red hidráulica

Posteriormente, se realizó el trazado de la red hidráulica en el software AutoCAD, identificando el tipo de configuración más adecuado (ramificada o en anillo), la ubicación de los puntos de consumo, las válvulas y los equipos de control como se muestra en la figura 5.

Figura 5 Trazado de la red hidráulica



Trazado preliminar de la red hidráulica desarrollado en AutoCAD, en el cual se definió la distribución en planta del sistema de abastecimiento de agua potable con base en la configuración arquitectónica del proyecto. Este esquema permitió establecer el recorrido inicial de tuberías, la ubicación de accesorios y puntos de consumo, sirviendo como base técnica para la modelación hidráulica y su posterior integración en el entorno BIM.

En el (Apéndice A. Planos Hidráulicos Verdels) se incluyen los planos de la red de distribución de agua potable, junto con los detalles constructivos relevantes. Estos elementos brindan una representación gráfica y técnica que facilita la comprensión al plasmar el diseño en obra.

Asimismo, se efectuaron cálculos hidráulicos iniciales y se modeló la red en el software Epanet con el fin de estimar las pérdidas de carga, velocidad de flujo, presiones y caudales de diseño, garantizando la viabilidad técnica del sistema. El proceso se fundamentó principalmente en la Norma Técnica Colombiana NTC 1500, asegurando que cada etapa del proyecto cumpliera

con los requisitos técnicos, legales y de calidad establecidos. El diseño de la red hidráulica se elaboró de manera independiente, considerando las condiciones propias del edificio y su demanda proyectada.

3.3.3 Cálculo de la red de distribución

Con base en el trazado que se estableció, se realizó el diseño de la red de distribución, considerando los aparatos sanitarios que operan en cada tramo de tubería. A partir de esta distribución, se determinaron las unidades de gasto correspondientes por tramo y, con base en las relaciones de caudal para aparatos con tanque de la tabla 9, se estableció el caudal de diseño de cada sección. Finalmente, estos valores permitieron definir el diámetro correspondiente para cada tramo de tubería.

Tabla 9 Caudales por unidades de consumo de aparatos sanitarios.

Caudal	Unidades de aparato		Caudal		Unidades de aparato		Fluxometro	Caudal		Unidades de aparato	
	gpm	L/min.	Tanque	Flujo	gpm	L/min.		Tanque	Flujo	gpm	L/min.
1	3,85	0	-	45	173,08	107	37	145	557,69	611	521
2	7,69	1	-	46	176,92	111	39	150	576,92	638	559
3	11,54	3	-	47	180,77	115	42	155	596,15	665	596
4	15,38	4	-	48	184,62	119	44	160	615,38	692	631
5	19,23	6	-	49	188,46	123	46	165	634,62	719	666
6	23,08	7	-	50	192,31	127	48	170	653,85	748	700
7	26,92	8	-	51	196,15	130	50	175	673,08	778	739
8	30,77	10	-	52	200,00	135	52	180	692,31	809	775
9	34,62	12	-	53	203,85	141	54	185	711,54	840	811
10	38,46	13	-	54	207,69	146	57	190	730,77	874	850
11	42,31	15	-	55	211,54	151	60	200	769,23	945	931
12	46,15	16	-	56	215,38	155	63	210	807,69	1018	1009
13	50,00	18	-	57	219,23	160	66	220	846,15	1091	1091
14	53,85	20	-	58	223,08	165	69	230	884,62	1173	1173
15	57,69	21	-	59	226,92	170	73	240	923,08	1254	1254
16	61,54	23	-	60	230,77	175	76	250	961,54	1335	1335
17	65,38	24	-	62	238,46	185	82	260	1000,00	1418	1418
18	69,23	26	-	64	246,15	195	88	270	1038,46	1500	1500

19	73,08	28	-	66	253,85	205	95	280	1076,92	1583	1583
20	76,92	30	-	68	261,54	215	102	290	1115,38	1668	1668
21	80,77	32	-	70	269,23	225	108	300	1153,85	1755	1755

3.3.4 Cálculo de las pérdidas por fricción por el método de Hazen- Williams.

Se realizó el cálculo de las pérdidas por fricción en cada tramo de la red hidráulica mediante la ecuación de Hazen-Williams, ampliamente utilizada en el diseño de sistemas de distribución de agua potable. Esta formulación resulta adecuada para el análisis de flujo en tuberías a presión que transportan agua a temperatura ambiente, permitiendo estimar las pérdidas de carga con un nivel adecuado de confiabilidad. Su aplicación en el presente proyecto se fundamentó en su amplia aceptación dentro de la práctica de la ingeniería hidráulica razón por la cual la empresa adopta esta metodología para el cálculo de las pérdidas en el diseño de la red hidráulica.

En este sentido, la ecuación 6 del cálculo de pérdidas de Hazen-Williams se consideró adecuada para el alcance del presente diseño, al proporcionar resultados consistentes con la precisión requerida y en concordancia con los criterios comúnmente adoptados en la práctica profesional. Se expresa de la siguiente manera:

Ecuación 6 Cálculo de pérdidas Hazen -Williams para la red de distribución

$$K = 0.2785 * C * D^{2.63}$$

Donde:

C = Coeficiente de rugosidad de Hazen Williams.

D = Diámetro de la tubería en m

$$K = 0.2785 * 150 * (1.5 * 0.0254)^{2.63}$$

$$K = 0.011153259$$

Siguiendo la ecuación de pérdidas del método de Hazen- Williams se establece que:

$$J = \left(\frac{Q}{K}\right)^{1.851}$$

Donde:

Q = Caudal calculado por cada tramo de la red

K= Perdidas calculadas en el tramo

El ejemplo se realizó con el primer tramo de la red que hace referencia al tramo que sale de la bomba hasta el nodo (1).

$$J = \left(\frac{2.32 \text{ lps}/1000}{0.011153259}\right)^{1.851}$$

$$J = 0.0546 \text{ m/m}$$

3.3.5 Cálculo de la velocidad

Para el cálculo de la velocidad del flujo en las tuberías se utilizó la relación:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Donde:

Q = corresponde al caudal de diseño del tramo evaluado

A = Área de la sección transversal de la tubería.

En el dimensionamiento se verificó que las velocidades se mantuvieran dentro de un rango adecuado, evitando valores superiores a 2 m/s para prevenir pérdidas excesivas de carga y posibles

daños en la red, así como velocidades inferiores a 0.5 m/s con el fin de evitar sedimentación y garantizar un flujo eficiente.

3.3.6 Equipo de bombeo

Para garantizar la presión en la red de distribución, se hace necesario el uso de un equipo de bombeo, el cual fue previamente calculado. Para la determinación del caudal de diseño del sistema se consideró la totalidad de las unidades de gasto del edificio, con el fin de establecer la demanda hidráulica que debe suplir el equipo. A partir de este análisis, se definieron las especificaciones requeridas para su correcto funcionamiento, las cuales se presentan a continuación.

Tabla 10 Diseño del sistema de bombeo

DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE CONSUMO			
VOLUMEN DEL EQUIPO HIDRONEUMÁTICO		ALTURA DINÁMICA DE BOMBEO	
		Presión de impulso =	105 psi 150 mca
Variador de velocidad:	SI	Altura de succión =	1.10 m
VT=	142.31 lts	HDB=P.impulso+H.succ+Hf.succ =	106.964 m
usar 1 unidad	140 lts		

PRESIÓN MINIMA A LA SALIDA DEL EHN			CAUDAL DE BOMBEO	
P min =	150 psi	105 mca	Total de unidades de gasto =	2355.2 unds
P max =	170 psi	119 mca	QB =	23.718 375.94 GPM

PERDIDAS EN LA SUCCIÓN		
Caudal de bombeo QB =	375.94 lps	= 023.72 GPM
Número de bombas =		1.0 Unidad(es)
Caudal por bomba QB(c/u) =	375.94 lps	= 023.72 GPM
Clase de tubería =		HG
C =		120
K =		0.245
Ø nominal succion =		6.0 pulg

Ø interno succión =	6.07 pulg
V(m/s) =	1.27 m/s
J(m/m) =	0.0132 m/m
Hf (succión) =	0.861 m

Tabla 11 Especificaciones equipo de bombeo

ESPECIFICACIONES EQUIPO DE BOMBEO

CARACTERISTICAS BOMBA CONSUMO				
Cantidad =	2 unidades	funcionamiento alternado		
QB=	375.94 GPM =	23.72 lps	EQUIPO HIDRONEUMATICO	
HDB=		106.96 m	Unidades =	1
Potencia =		56.5 HP	VT=	140.00 lts
Ø succión =		6.0 pulg	Pmín= 150.00 psi	= 105.00 mca
Ø impulsión =		6.0 pulg	Pmáx= 170.00 psi	= 119.00 mca

CALCULO VALVULA ANTICIPADORA DE ONDA

DATOS			CALCULOS	
QB =	23.72 lps	= 375.94 GPM	Diámetro valvula = Ø Valv=	$\sqrt{\frac{0.109 * Qb}{\sqrt{HDB}}}$
HDB =	106.964 m	= 152.81 psi	Ø valvula = = 2.00 pulg	

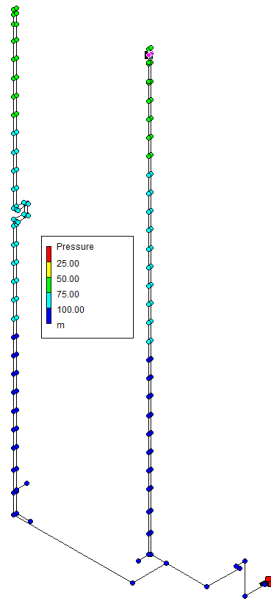
En el (Apéndice B. Memoria de cálculo hidráulico Verdélis) se presentan las memorias de cálculo realizadas para el diseño del sistema de bombeo de la red del proyecto Verdélis.

3.3.5 Modelo Epanet

Se realizó el modelo hidráulico en Epanet para comprobar el comportamiento hidráulico con los cálculos ya realizados, se efectuó el modelamiento de la red en el software Epanet con

licencia libre empleando el cálculo con las fórmulas de Hazen-Williams como se muestra en la figura 6:

Figura 6 Modelo en Epanet



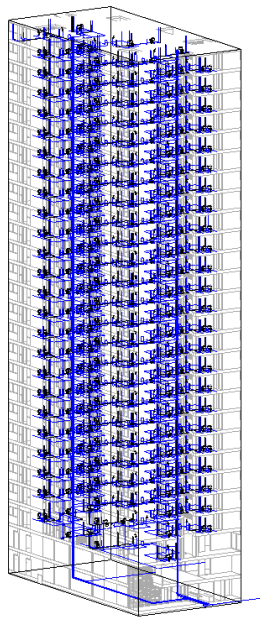
Modelo hidráulico desarrollado en Epanet para la simulación y validación del comportamiento de la red de abastecimiento de agua potable, en el cual se analizaron parámetros hidráulicos como caudal circulante, velocidad de flujo, pérdidas de carga, presión en nodos y potencia del sistema de bombeo. La modelación permitió evaluar el desempeño hidráulico del sistema en condiciones de operación, obteniendo valores de presión en cada nodo y verificando el comportamiento de la red a lo largo de cada tramo de tubería.

En el (**Apéndice C Modelo Epanet Verdélis**) se presenta el modelo realizado en el software Epanet con sus respectivos cálculos de presión en cada nodo de la red.

3.4 Modelado BIM de la red hidráulica

El modelo BIM se desarrolló en Autodesk Revit, utilizando la información adquirida durante los pasos de simulación de cálculo hidráulico. En esta fase, se llevó a cabo la representación tridimensional de la red hidráulica, en la que estarán presentes las válvulas, tuberías, los equipos de control y los puntos de consumo. El modelo se estructuró por niveles del edificio y se coordinó con los modelos arquitectónico y estructural, con el fin de detectar interferencias, optimizar trazados y asegurar la compatibilidad espacial, se organizó el modelo según los niveles del edificio y se trabajó en conjunto con los modelos arquitectónicos y estructurales como se muestra en la figura 7. A partir del modelo, se generaron los planos constructivos, listados de materiales y fichas técnicas facilitando la gestión del proyecto dentro del entorno BIM.

Figura 7 Modelo hidráulico en Revit



Modelo tridimensional de la red hidráulica desarrollado en Revit bajo metodología BIM, en el cual se integró la información técnica de las disciplinas arquitectónica, estructural e hidráulica en un entorno de trabajo coordinado. El modelo permitió la representación detallada del sistema de abastecimiento, la visualización integral de sus componentes y la validación espacial del trazado de tuberías, accesorios y equipos, facilitando la detección de interferencias, la compatibilización entre disciplinas y la optimización del diseño previo a su ejecución.

En el (**Apéndice D Modelo hidráulico Revit**) se presenta el modelo realizado en el software Revit para la red hidráulica del proyecto Verdélis.

3.5 Presupuesto de obra

Para la elaboración del presupuesto de obra del proyecto Verdélis, correspondiente al diseño e instalación de la red hidráulica del edificio de 28 pisos, se realizó la estimación detallada que permitió determinar los costos reales asociados a la ejecución del proyecto como se presenta en la tabla 12.

Tabla 12 Presupuesto de obra

PRESUPUESTO		
Ítem	CONCEPTO	SUBTOTAL ESTIMADO
1.1	OBRAS PRELIMINARES	\$ 2,510,111.00
1.2	MOVIMIENTO DE TIERRA	\$ 7,984,521.15
1.3	INSTALACION RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE	\$ 397,078,866.36
TOTAL, PRESUPUESTO		\$ 407,573,498.51

En el (**Apéndice E Presupuesto**) se presenta el presupuesto detallado de la obra con las cantidades obtenidas del modelo Revit, así mismo, se presenta el análisis de precio unitario relacionado a cada ítem.

3.5 Resultados

El desarrollo del proyecto abarcó las siguientes actividades principales: la formulación y trazado de la red de distribución interna de agua potable; la determinación de parámetros técnicos, tales como diámetros de tuberías, caudales de consumo, presiones de servicio, pérdidas de carga y la selección de accesorios necesarios para el correcto funcionamiento del sistema; la modelación hidráulica mediante el software EPANET, con el fin de verificar las condiciones de presión y caudal en los diferentes niveles del edificio; el desarrollo del modelo BIM en Revit, en el cual se representó tridimensionalmente la red hidráulica; y finalmente, la elaboración del presupuesto de obra, que incluyó el cálculo detallado de materiales, mano de obra y costos asociados a la instalación del sistema hidráulico.

El modelo hidráulico presentó presiones de hasta 57.80 m.c.a. en el punto más alto del sistema, evidenciando que la red proyectada garantiza un suministro adecuado de agua y un funcionamiento hidráulico eficiente en los puntos de consumo.

De igual manera, en el (**Apéndice F Datos del modelo Epanet**) presentan los resultados obtenidos en EPANET, donde se consolida la información correspondiente a elevaciones, diámetros, rugosidades y presiones asociadas a los nodos y tuberías del sistema diseñado.

El modelo tridimensional de la red hidráulica en Revit fue desarrollado a partir de la integración de la información generada en las diferentes etapas del diseño, incluyendo los cálculos hidráulicos realizados en Excel, la modelación del comportamiento del sistema en EPANET y el trazado preliminar de la red en AutoCAD. Esta unión permitió consolidar un modelo coordinado y técnicamente consistente, facilitando la visualización integral del sistema y la compatibilización con las demás disciplinas del proyecto.

4. Conclusiones

El desarrollo del dimensionamiento hidráulico permitió verificar la viabilidad técnica del sistema de abastecimiento propuesto, al garantizar condiciones adecuadas de caudal, presión y funcionamiento en cada uno de los puntos de consumo. La aplicación de los criterios establecidos en la NTC 1500, junto con el uso de la metodología de Hazen-Williams, permitió definir diámetros apropiados y asegurar un comportamiento hidráulico eficiente de la red.

La integración de la información técnica correspondiente a las disciplinas de arquitectura, estructura e hidráulica en un entorno de trabajo colaborativo permitió desarrollar una propuesta técnica preliminar coordinada, reduciendo interferencias entre sistemas y mejorando la compatibilización del diseño. Este proceso evidenció que la metodología BIM no solo facilita la representación geométrica de la red hidráulica, sino que también fortalece la unión interdisciplinaria y mejora la toma de decisiones en etapas tempranas del proyecto.

Se desarrolló una propuesta técnica preliminar en un entorno BIM, integrando la información de las disciplinas de arquitectura y estructura en un modelo único de trabajo. Esta integración permitió identificar y corregir interferencias entre sistemas, mejorar la coordinación del diseño y facilitar la toma de decisiones durante la etapa de planificación. La implementación de la metodología BIM facilitó la visualización integral del sistema, mejoró la coordinación entre disciplinas y permitió optimizar el proceso de diseño, reduciendo posibles errores e inconsistencias propios de los métodos tradicionales.

Se llevó a cabo el modelado en BIM de la red hidráulica, representando de manera detallada cada uno de los elementos del sistema, como tuberías, accesorios y conexiones. Este proceso permitió una mejor comprensión espacial del diseño, facilitó la validación de las condiciones hidráulicas y contribuyó a la detección temprana de posibles conflictos. Además, el modelo generado constituye una herramienta útil para futuras etapas del proyecto, como la construcción y la operación.

Se definieron las especificaciones técnicas del sistema hidráulico, considerando materiales, criterios de instalación y parámetros de diseño. Asimismo, se elaboró un presupuesto estimado y un cronograma de ejecución, lo que permitió evaluar la viabilidad técnica y económica del proyecto. Estos elementos proporcionan una base sólida para la planificación y ejecución de la obra, reduciendo la incertidumbre y facilitando la gestión del proyecto.

Referencias Bibliográficas

Blu Radio. (2024, 25 de agosto). Así se mueve el mercado inmobiliario en Bucaramanga: oferta de 6.800 unidades de vivienda. <https://www.bluradio.com/regiones/santanderes/asi-se-mueve-el-mercadoinmobiliario-en-bucaramanga-oferta-de-6-800-unidades-de-vivienda-rg10>

BuildingSMART Spain. (s. f.). ¿Qué es BIM? <https://www.buildingsmart.es/bim/>

C A C Construcciones Y Diseños S A S. (s. f.). Recuperado 11 de diciembre de 2024, de <https://empresite.economistaamerica.co/CAC-CONSTRUCCIONES-DISENOS-SAS.html>

Camacol. (s. f.). BIM: estrategia para apalancar el sector de la construcción. Revista Urbana (Ed. 91). <https://camacol.co/actualidad/publicaciones/revista-urbana/91/conexionbim/bim-estrategia-para-apalancar-el>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2024, 21 de julio). Demografía y población. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografiaypoblacion>

Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA). (2024, 21 de agosto). EPANET 2.00.12 ESP. <https://iiama.webs.upv.es/transferencia/software/epanet-2-00-12-esp/>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2021). Resolución 0799 de 2021. <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0799-2021>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2024, 25 de agosto). Proyectos de agua potable y saneamiento básico. <https://www.minvivienda.gov.co/ministerio/planeacion-gestionycontrol/sistema-general-de-regalias/lineamientos-para-presentaciondeproyectos/proyectos-de-agua-potable-y>

Obras Civiles CIA. (2024, 15 de marzo). Instalaciones hidráulicas en Colombia. <https://obrascivilescia.com/blog/instalaciones-hidraulicas-encolombia/>

Quintero Velandia, J. C. (2022). Implementación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura civil [Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/items/173b93e7-4789-4bd4-8f29-1b7537752513>

The Factory School. (2023, 12 de junio). La importancia de una metodología BIM en la actualidad. <https://thefactoryschool.com/blog/laimportancia-de-una-metodologia-bim-en-la-actualidad/>

Vanguardia. (2023, 8 de octubre). Población del área metropolitana de Bucaramanga creció 11,9 % en los últimos años.

<https://www.vanguardia.com/areametropolitana/bucaramanga/2023/10/08/poblacion-del-area-metropolitanade-bucaramanga-crecio-119-en-los-ultimos-anos/>

Camacol. (2025). Colombia, líder mundial en construcción sostenible: superamos el umbral de 20 millones de metros cuadrados certificados con Edge.

<https://camacol.co/prensa/noticias/colombia-lider-mundial-en-construccion-sostenible-superamos-el-umbral-de-20>

Apéndices

Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS.