

Auxiliar de Ingeniería en Construingeniería SAS para el apoyo en trazado, diseño y presupuesto de redes hidráulicas, sanitarias, redes de gas y contraincendios en edificaciones localizadas en el área metropolitana.

Luz Angela Rueda Ardila

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Civil

Director

Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

Doctor en ingeniería, área de énfasis Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

Tutor

Abedulio Camargo Benítez

Especialista en Ingeniería Estructural

Especialista de Recursos Hídricos y de Suelos

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo de grado que marca la culminación de mis estudios e inicio de mi vida profesional y laboral a mis padres Ericka Paola Ardila Del Valle, Oscar Vicente Rueda Cala y a mi abuela Ángela Cala de Quiroga, que son el motor de mi ser y quienes siempre estuvieron y siempre encontraron la forma para apoyarme y hacer posible que hoy esté dando este gran paso en mi vida, son ellos tres quienes merecen el honor de todo mi esfuerzo y dedicación, así como la gratitud infinita de su amor incondicional.

Quiero dedicar también este logro a mí misma, descubrí la gran capacidad que tengo de seguir adelante y llevar al éxito mis proyectos entre las adversidades y los altibajos, encontré que el amor por lo que hago, por mis anhelos y mis esfuerzos sobrepasa la facilidad de estar en la zona de confort y puedo ser tan resiliente como me lo proponga, entregué todo de mí a mi carrera los últimos años y llegando a la meta empiezo a ver las recompensas, me lo merezco y me felicito por cada paso y cada salto que di para lograrlo.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Industrial de Santander que junto a todos sus docentes, aulas, equipos y espacios me brindó la mejor de las educaciones, me llenó de conocimiento, experiencia y madurez, hizo de mí una persona mucho más sabia en todos los ámbitos y me permitió vivir la multiculturalidad que terminó de desarrollar mi persona, creció conmigo y me convirtió en la mujer e ingeniera que soy.

Agradezco con mucho reconocimiento y aprecio a Construingeniería SAS que me dio la oportunidad y confianza de demostrar mis conocimientos y colaborar en proyectos constructivos reales de manera muy enriquecedora, en especial al ingeniero Abedulio, mi tutor y a la ingeniería Angie, mi compañera, quienes siempre estuvieron dispuestos a de la mejor forma explicarme, evaluarme y ayudarme con todo el proceso de adaptación y de aprendizaje dentro de la práctica empresarial, dos personas que con gran sencillez y respeto me compartieron sus conocimientos sobre toda la parte hidrosanitaria de la ingeniería.

A mi director de grado el profesor Ricardo Oviedo, por su ayuda y guía para hacer de este proceso un impecable y perfecto resultado, por su acompañamiento, mil gracias.

Por último y no menos importante, agradecimientos especiales a toda mi familia que con su sustento económico, apoyo y amor me acompañaron, a mis amigos que siempre tuvieron un abrazo, un consejo y un café cuando lo necesité, que hicieron este proceso más sencillo en tiempos complicados y más feliz en buenos tiempos, a Agustín Payares por ser mi compañía incondicional de inicio a fin, a Valeria Ferreira que entre proyectos de clase construimos una gran amistad y finalizamos con éxito las materias y a Ricardo Adriam Martínez que durante los últimos 6 años, de muchas formas me demostró que soy más fuerte y capaz de lo que podría llegar a imaginar.

Tabla de Contenido

		Pág.
1.	Objetivos.....	18
1.1	Objetivo General.....	18
1.2	Objetivos Específicos.....	18
2.	Marco de referencia	19
2.1	Marco conceptual.....	19
2.1.1	Red abierta	20
2.1.2	Red cerrada	20
2.1.3	Materiales de las redes	21
2.1.4	Ecuaciones principales para hallar el caudal de diseño de redes sanitarias, hidráulicas, de gas y contraincendios.	23
2.1.4.1	<i>Caudal de diseño red sanitaria.....</i>	23
2.1.4.2	<i>Caudal de diseño red hidráulica.....</i>	24
2.1.4.3	<i>Caudal de diseño red de gas.....</i>	25
2.1.4.4	<i>Caudal de diseño red contraincendios</i>	26
2.2	Marco contextual	26
2.3	Marco normativo.....	27
2.3.1	Normas Técnicas Colombianas (NTC).....	28
2.3.2	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS).....	29
2.3.3	Normas y Especificaciones de Empresas de Servicios Públicos	30
2.3.4	Consejo Profesional Nacional de Ingeniería (COPNIA)	30

3.	Metodología	31
3.1	Análisis e interpretación de planos constructivos	32
3.1.1	Revisión de planos arquitectónicos.....	32
3.2	Trazado de redes	34
3.2.1	Limpieza o depuración de los planos arquitectónicos	34
3.2.2	Trazado de Redes Hidráulicas, Sanitarias, de Gas Natural y Contra Incendios	35
3.2.3	Generación de planos constructivos.....	40
3.3	Modificación de memorias de diseño	40
3.3.1	Estudio de normativas aplicables.....	40
3.3.2	Verificación de Cálculos Sanitarios.....	41
3.3.2.1	<i>Parámetros de diseño de alcantarillado Norma EMPAS</i>	42
3.3.2.2	<i>Parámetros de control en alcantarillado pluvial</i>	43
3.3.2.3	<i>Parámetros de control para instalaciones sanitarias internas de aguas lluvias</i>	46
3.3.2.4	<i>Parámetros de control en alcantarillado sanitario aguas negras</i>	47
3.3.2.5	<i>Parámetros de control para instalaciones sanitarias internas de aguas negras</i>	49
3.3.2.6	<i>Parámetros de control para circuitos de ventilación</i>	51
3.3.3	Verificación de Cálculos Hidráulicos	54
3.3.4	Verificación de Cálculos de la Red de Gas.....	59
3.3.4.1	<i>Parámetros de control redes de gas a baja presión</i>	59
3.3.5	Verificación de Cálculos de la Red Contra Incendios	62
3.4	Estimación de presupuestos	66
3.4.1	Cálculo de Cantidades de Obra.....	66
3.4.2	Cálculo del Presupuesto del Proyecto.....	68

3.4.3	Validación y Optimización	68
4	Resultados	69
4.1	Trazado de Redes Hidráulicas, Sanitarias, de Gas Natural y Contra Incendios	69
4.2	Generación de planos constructivos.....	74
4.3	Dimensionamiento de las redes	78
4.4	Cálculo del presupuesto del proyecto	79
5	Conclusiones	81
6	Recomendaciones	83

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Materiales de las tuberías que pueden ser usados en el diseño de las redes hidrosanitarias, gas y contraincendios.</i>	21
Tabla 2 <i>Normativa a revisar de las NTC en los proyectos relacionados.</i>	29
Tabla 3 <i>Especificaciones técnicas para tuberías sanitarias.</i>	41
Tabla 4 <i>Parámetros de diseño de alcantarillado.</i>	42
Tabla 5	43
Tabla 6 <i>Tabla IDF para Bucaramanga y su área metropolitana</i>	45
Tabla 7 <i>Capacidad de las tuberías para aguas lluvias según su diámetro</i>	46
Tabla 8 <i>Unidades de desagüe de aparatos sanitarios y diámetro de conexión</i>	50
Tabla 9 <i>Capacidad de las tuberías para aguas negras según su diámetro</i>	51
Tabla 10 <i>Longitud máxima de circuitos de ventilación individuales.</i>	52
Tabla 11 <i>Dimensiones de los tubos de ventilación principales</i>	53
Tabla 12 <i>Dotación neta por habitante</i>	54
Tabla 13 <i>Consumo mínimo en comercios</i>	55
Tabla 14 <i>Resumen de unidades de consumo torre 1 y torre 2</i>	56
Tabla 15 <i>Parámetros de control de redes a baja presión</i>	59
Tabla 16 <i>Consumo de gas de los aparatos instalados</i>	61
Tabla 17 <i>Clasificación del grupo de importancia de la edificación.</i>	63
Tabla 18 <i>Cantidades y presupuesto de obra sanitario.</i>	79

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Población total y tasa de crecimiento anual</i>	15
Figura 2 <i>Mapa de localización del proyecto</i>	32
Figura 3 <i>Planta general arquitectónica piso tipo del proyecto Florida Central</i>	33
Figura 4 <i>Planta general arquitectónica piso tipo depurada del proyecto Florida Central</i>	35
Figura 5 <i>Detalle del trazado sanitario en un apartamento del proyecto Florida Central</i>	36
Figura 6 <i>Detalle del trazado hidráulico en un apartamento del proyecto Florida Central</i>	37
Figura 7 <i>Detalle del trazado de la red de gas en un apartamento del proyecto Florida Central</i>	38
Figura 8 <i>Detalle del trazado de la red contra incendios en un apartamento del proyecto Florida Central</i>	39
Figura 9 <i>Curvas y datos para IDF en Bucaramanga y su área metropolitana</i>	44
Figura 10 <i>Cálculo tipo del dimensionamiento de la bomba parte A</i>	57
Figura 11 <i>Cálculo tipo del dimensionamiento de la bomba parte B</i>	58
Figura 12 <i>Trazado sanitario del piso tipo en la torre 1 del proyecto Florida Central</i>	69
Figura 13 <i>Trazado sanitario del piso tipo en la torre 2 del proyecto Florida Central</i>	70
Figura 14 <i>Trazado hidráulico del piso tipo en la torre 1 del proyecto Florida Central</i>	70
Figura 15 <i>Trazado hidráulico del piso tipo en la torre 2 del proyecto Florida Central</i>	71
Figura 16 <i>Trazado de la red de gas del piso tipo en la torre 1 del proyecto Florida Central</i>	72
Figura 17 <i>Trazado de la red de gas del piso tipo en la torre 2 del proyecto Florida Central</i>	72
Figura 18 <i>Trazado de la red contra incendios del piso tipo en la torre 1 del proyecto Florida Central</i>	73

Figura 19 <i>Trazado de la red contra incendios del piso tipo en la torre 2 del proyecto Florida Central</i>	74
Figura 20 <i>Plano planta del proyecto Florida Central</i>	75
Figura 21 <i>Plano perfil del proyecto Florida Central</i>	76
Figura 22 <i>Plano de detalles del proyecto Florida Central</i>	77
Figura 23 <i>Resumen de especificaciones del equipo de bombeo.</i>	78

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A. PLANOS SANITARIOS GENERALES DE FLORIDA CENTRAL.....	87
Apéndice B. PLANOS DETALLES SANITARIOS DE FLORIDA CENTRAL.....	87
Apéndice C. PLANOS HIDRÁULICOS GENERALES DE FLORIDA CENTRAL	87
Apéndice D. PLANOS RED DE GAS DE FLORIDA CENTRAL	87
Apéndice E. PLANOS RED DE INCENDIOS DE FLORIDA CENTRAL	87
Apéndice F. MEMORIA DE DISEÑO SANITARIO INTERNO.....	87
Apéndice G. MEMORIA DE DISEÑO PLUVIAL INTERNO	87
Apéndice H. MEMORIA DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	87
Apéndice I. MEMORIA DE DISEÑO HIDRÁULICO.....	87
Apéndice J. MEMORIA DE DISEÑO DE GAS	87
Apéndice K. MEMORIA DE DISEÑO DE INCENDIOS	87

Nota: Los apéndices están adjuntos.

Glosario

Acometida: Conexión que enlaza la red pública de servicios (como agua potable, alcantarillado o gas) con las instalaciones internas de una edificación, permitiendo el suministro o evacuación de los fluidos.

Acueducto: sistema de infraestructura diseñado para la captación, conducción, tratamiento y distribución de agua potable.

Alcantarillado: conjunto de tuberías y estructuras que transportan las aguas residuales o pluviales desde su origen hasta su disposición final.

Análisis de precios unitarios (APU): metodología que permite desglosar los costos directos e indirectos de un producto o servicio, facilitando su valoración económica.

Cálculo hidráulico: proceso de estimación y análisis de caudales, presiones y velocidades de flujo en sistemas de tuberías.

Caudal: Volumen de fluido que pasa por una sección transversal de una tubería o canal por unidad de tiempo, generalmente expresado en litros por segundo (L/s) o metros cúbicos por segundo (m^3/s).

Dimensionamiento: proceso de cálculo para determinar las dimensiones óptimas de un sistema o componente, como tuberías o tanques.

Drenaje pluvial: Sistema que recoge y evacua el agua proveniente de lluvias para evitar inundaciones.

Memoria de cálculo: Documento técnico que presenta los fundamentos, ecuaciones y datos utilizados para justificar el diseño de un sistema.

Normativa técnica: Conjunto de leyes, reglamentos y estándares que regulan el diseño y construcción de instalaciones y sistemas.

Pozo de inspección: Estructura construida en una red de alcantarillado o drenaje para permitir el acceso al sistema con fines de inspección, limpieza, mantenimiento o reparación. Generalmente tiene forma cilíndrica y está equipado con una tapa en la parte superior. Se utiliza para verificar el estado de las tuberías y resolver problemas como obstrucciones o filtraciones.

Presión estática: Fuerza ejercida por un fluido en reposo sobre las paredes de un conducto o recipiente.

Presión dinámica: Fuerza generada por un fluido en movimiento dentro de una tubería o sistema.

Red sanitaria: Infraestructura encargada de recolectar y transportar aguas residuales desde su punto de generación hasta su disposición final.

Tubería: Conducto utilizado para transportar fluidos de un punto a otro dentro de un sistema.

Válvula: Dispositivo mecánico que regula, dirige o controla el flujo de un fluido dentro de un sistema de tuberías.

Resumen

Título: Auxiliar de ingeniería en Construingeniería SAS para el apoyo en trazado, diseño y presupuesto de redes hidráulicas, sanitarias, redes de gas y contraincendios en edificaciones localizadas en el área metropolitana.*

Autor: Luz Angela Rueda Ardila**

Palabras Clave: Sanitario, hidráulico, trazado, diseño, redes, ingeniería

Descripción: El presente trabajo de grado tiene como objetivo el dimensionamiento y apoyo en el trazado, diseño y presupuesto de redes hidráulicas, sanitarias, de gas y contraincendios para proyectos urbanísticos en el área metropolitana de Bucaramanga, bajo la supervisión de la empresa Construingeniería SAS, este tipo de trabajos brinda al estudiante habilidades prácticas necesarias como profesional y a la empresa, contar con estudiantes en su último proceso de formación para contribuir al desarrollo de sus procesos. A lo largo del desarrollo de la práctica se realizó una evaluación detallada de los requerimientos técnicos para las redes hidrosanitarias y de gas de cada uno de los proyectos a partir de la arquitectura, ubicación y tipo de estructura, con énfasis en la optimización de recursos, funcionalidad correcta y viabilidad económica. Para lo anterior, se elaboraron memorias de diseño, planos constructivos y presupuestos usando herramientas ofimáticas como Microsoft Word® y Microsoft Excel®, así como el software de modelado y diseño, AutoCAD®, incluyendo la revisión de la normativa vigente aplicable y el análisis individual de cada proyecto urbanístico y obteniendo los planos constructivos y especificaciones que guiarán la implementación de las mismas en obra. Esta práctica empresarial busca brindar la experiencia necesaria en todo el ámbito laboral y aumentar o poner en práctica los conocimientos de diseño eficiente y seguro de infraestructuras a cargo de la ingeniería civil, proponiendo mejoras en los diseños de redes.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Ingeniería Civil. Director: Edgar Ricardo Oviedo Ocaña. Doctor en ingeniería, área de énfasis Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Tutor: Abedulio Camargo Benítez. Especialista de Recursos Hídricos y de Suelos.

Abstract

Title: Engineering Assistant at Construingeniería SAS for support in the layout, design and budgeting of hydraulic, sanitary, gas and fire protection networks in buildings located in the metropolitan area.*

Author(s): Luz Angela Rueda Ardila**

Key Words: Sanitary, hydraulic, layout, design, networks, engineering

Description: This undergraduate thesis focuses on the sizing, layout, design, and budgeting of hydraulic, sanitary, gas, and fire protection networks for urban development projects in the metropolitan area of Bucaramanga, under the supervision of Construingeniería SAS. This type of work provides students with essential practical skills as future professionals while allowing the company to collaborate with students in their final stage of training, contributing to the development of its processes. Throughout the internship, a detailed assessment of the technical requirements for each project's networks was conducted, considering architecture, location, and structural type, with an emphasis on resource optimization, functionality, and economic feasibility. To achieve this, design reports, construction plans, and budgets were prepared using office tools such as Microsoft Word® and Microsoft Excel®, as well as modeling and design software like AutoCAD®. The work also involved reviewing applicable regulations and conducting an individual analysis of each urban project, resulting in construction plans and specifications to guide their implementation on-site. This professional internship seeks to provide the necessary experience in the professional field and enhance or apply knowledge related to the efficient and safe design of infrastructures managed by civil engineering, proposing improvements in network designs.

* Degree Work

** Faculty of Physicomechanics. School of Civil Engineering. Civil Engineering.

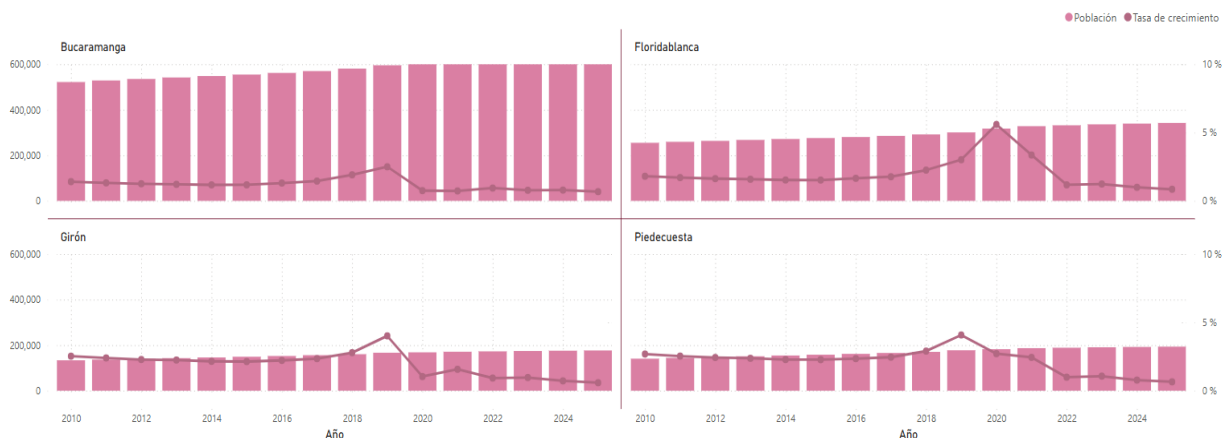
Director: Edgar Ricardo Oviedo Ocaña. Doctor in Engineering, emphasis area in Sanitary and Environmental Engineering. Tutor: Abedulio Camargo Benítez. Specialist in Water Resources and Soils.

Introducción

En los últimos años, el área metropolitana de Bucaramanga (AMB) ha experimentado un notable incremento en el desarrollo de proyectos urbanísticos, impulsado por el crecimiento poblacional y la necesidad de nuevas infraestructuras. Según datos del programa “Bucaramanga Metropolitana Cómo Vamos”, la población del AMB aumentó un 11,9% entre 2016 y 2022, pasando de 1.157.001 a 1.294.317 habitantes, lo que representa un incremento de 137.316 personas. Para el 2024 el resumen estadístico muestra que la población del AMB alcanzó los 1’327.106 habitantes con un 46.69% en Bucaramanga, 25.58% en Floridablanca, 14.48% en Piedecuesta y un 13.24% en Girón, manteniendo la tendencia de aumento, como se puede apreciar en la figura 1 (Programa BMCV, 2024).

Figura 1

Población total y tasa de crecimiento anual



Nota. El gráfico muestra en diagrama de barras el aumento constante de la población en el AMB y la línea con punteado representa la tasa de crecimiento anual. Tomado de (Programa BMCV, 2024).

Este crecimiento poblacional ha impulsado la necesidad de desarrollar más proyectos urbanísticos para satisfacer la demanda de vivienda y servicios en la región. Este auge ha generado una mayor demanda de profesionales capacitados en el diseño, construcción y mantenimiento de redes hidráulicas, sanitarias, de gas y contra incendios, fundamentales para garantizar el adecuado funcionamiento de edificaciones y espacios urbanos. En este contexto, la intervención de empresas constructoras especializadas resulta esencial para responder a los requerimientos técnicos y normativos del sector y dichas constructoras requieren profesionales y personal capacitado para abastecer todos los requerimientos de diseño e instalación (Vanguardia, 2023).

Construingeniería SAS es una empresa dedicada al diseño y ejecución de redes hidráulicas y sanitarias en proyectos urbanísticos de la región (El Economista, s. f.). Entre los proyectos en los que interviene durante el periodo de práctica, destacan Alcántara (Girón), El Nido (Floridablanca-Piedecuesta) y Florida Central (L-44, Girón), en los cuales se lleva a cabo el diseño y presupuesto de redes esenciales para su correcto funcionamiento. En el marco de estos proyectos, la práctica empresarial permitirá apoyar en el trazado, diseño y análisis presupuestal de las redes, mediante la elaboración de memorias de diseño, planos constructivos y cálculo de cantidades de materiales. Para ello, se emplearán herramientas ofimáticas como Microsoft Excel® y Word®, así como software especializado en diseño y modelado, como AutoCAD®.

El estudiante cumplirá con un procedimiento para asegurar el correcto diseño de las redes, el cual incluye el análisis de planos arquitectónicos y estudio de normativas, el trazado preliminar de la red en software de dibujo, la modificación y optimización de memorias de cálculo y

finalmente la estimación de costos y presupuestos, generando así planos constructivos para el personal de obra con sus respectivas especificaciones, anexos de las memorias de cálculo necesarios y costo del proyecto. La participación en este proceso es fundamental para la formación del estudiante, ya que le permite aplicar conocimientos adquiridos en su formación académica en un entorno real de trabajo. Además, contribuye al fortalecimiento de sus competencias en interpretación de planos arquitectónicos, aplicación de normativas técnicas y gestión de proyectos de ingeniería civil. Así mismo, el desarrollo de la práctica aporta al cumplimiento de los objetivos de Construingeniería SAS, asegurando diseños eficientes y alineados con los estándares vigentes, lo que optimiza la planificación y ejecución de los proyectos urbanísticos en el AMB.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Desarrollar el dimensionamiento y la estimación de presupuestos de sistemas hidráulicos, de alcantarillado, gas natural y contraincendios para proyectos urbanísticos en la empresa Construingeniería SAS, que cumplan con la normativa técnica y los estándares de presentación para su gestión ante oficinas internas y externas de la entidad.

1.2 Objetivos Específicos

Analizar los planos arquitectónicos entregados para el trazado de los sistemas de tubería, así como el tipo y necesidades de proyecto o cliente.

Adquirir competencias de carácter profesional en el trazado de redes hidráulicas garantizando cumplir las normas mínimas requeridas y las solicitudes.

Modificar memorias de diseño de redes de suministro, desagüe y gas aplicando los conceptos adquiridos en la carrera o investigados.

Estimar documentos de cantidades de materiales y costos unitarios de proyectos en busca de optimizar la planificación y gestión de recursos.

2. Marco de referencia

2.1 Marco conceptual

El diseño y la implementación de redes sanitarias, hidráulicas, de gas y contraincendios en edificaciones es un proceso complejo que requiere la comprensión profunda de conceptos técnicos fundamentales, materiales adecuados y las herramientas de diseño necesarias. Es prudente que el estudiante integre los elementos clave que guían este proceso, estableciendo las relaciones entre ellos y entendiendo su relevancia en los proyectos de construcción.

Partiendo de que el desarrollo de la práctica empresarial se da en el área de redes hidrosanitarias, gas y contraincendios de la empresa, el estudiante debe comprender el concepto general de una red de desagüe, suministro o gas, lo cual se entiende como un conjunto de tuberías, accesorios, estaciones de bombeo y estructuras diseñadas para captar, transportar, distribuir y suministrar a los usuarios el servicio requerido. En el caso de redes de acueductos, gas o contraincendios se diseñan redes a presión, lo cual significa que el fluido va a tubo lleno y requiere un sistema de bombas para su movilidad, mientras que en el caso de tuberías sanitarias debe diseñarse a flujo libre y garantizar la presión atmosférica por medio de tubos de ventilación. Así pues, este tipo de redes se clasifica según la disposición y conexión de los conductos, en general se dividen en redes abiertas y cerradas, cada tipo tiene características y aplicaciones específicas, entender sus diferencias es crucial para el diseño y funcionamiento adecuado del cualquier sistema de distribución de fluidos (Sánchez Herrera, 2019).

2.1.1 Red abierta

Es un sistema en el que los tubos se ramifican sin interceptarse y descargan el fluido en puntos abiertos como recipientes, cuerpos de agua o a la atmósfera, entonces, no existe recirculación del fluido dentro del sistema y el flujo del mismo se basa en la gravedad por medio de una pendiente implementada en dirección del fluido que permita el flujo descendente y la implementación de un tubo de ventilación que garantice que no exista presión interna, este tipo de red aplica para los sistemas de alcantarillado sanitario y drenaje pluvial que suelen evacuar hacia estaciones de tratamiento o cuerpos hídricos receptores especificados para dicho fin. Esta red maneja una menor complejidad en el diseño y la instalación, relacionado directamente proporcional con el costo en términos de materiales y mantenimiento, se debe evitar el riesgo de obstrucciones por medio del diseño del diámetro óptimo para el caudal de cada caso específico («Design of Drainage Conveyances», 2018).

2.1.2 Red cerrada

Es un sistema de tuberías en el cual los conductos se cierran formando circuitos, permitiendo que el fluido circule continuamente entre un punto de entrada y un punto de salida, las redes cerradas están diseñadas para mantener una presión interna constante que asegura el flujo continuo del fluido a través del sistema, esta característica es creada por bombas o sistemas de presión que permiten el transporte a lo largo de grandes distancias, edificios de varios niveles o terrenos variados, los sistemas de control de válvulas y accesorios permiten ajustar el flujo y la

presión según las necesidades del sistema, por lo que se pueden aumentar los costos con respecto a la red abierta debido a la necesidad de materiales y accesorios más resistentes, así como la implementación de las bombas. Esta red se utiliza en sistemas de distribución de agua potable, gas y redes contra incendios (Ramírez, 2022).

2.1.3 *Materiales de las redes*

En el mercado se encuentran diferentes referencias de tubería que pueden variar en material, textura, grosor y propiedades según el uso o el tipo de red, por lo que es esencial conocer y entender las diferencias entre ellas para el correcto diseño y que se tenga claridad en las convenciones de los planos constructivos, Construingeniería usa generalmente los siguientes materiales de la tabla 1 para los sistemas de conductos que están a su alcance.

Tabla 1

Materiales de las tuberías que pueden ser usados en el diseño de las redes hidrosanitarias, gas y contra incendios.

Materiales de las redes	
Nombre	Especificación
PVC (Policloruro de vinilo)	Se puede observar en forma rígida o flexible, es apto para moldear con cambios de temperatura controlada, ha reemplazado el acero galvanizado usado anteriormente en los sistemas hidráulicos por su resistencia y durabilidad en el constante contacto con agua, además del bajo costo y las paredes lisas que disminuyen la fricción.
CPVC (Policloruro de vinilo colorado)	Es un compuesto flexible, versátil y un importante termoplástico de ingeniería debido a su costo, alta distorsión de calor, inercia química y excelentes propiedades para el fuego y humo, entre mayor sea el contenido de cloro, mayor es la temperatura de transición vítrea, es decir, la temperatura en la cual el polímero pasa de material duro a un material blando y elástico. Se usa principalmente en las tuberías que conducen el agua caliente para duchas o lavadoras, aunque también es usado en redes contra incendios por sus propiedades competitivas de combustión (Olivera Ricardo, 2023).

Continuación Tabla 1.

Materiales de las redes	
Nombre	Especificación
PVCS (Policloruro de vinilo sanitario)	Se denomina comercialmente PVC Sanitarios, usado principalmente en el transporte de aguas residuales, pluviales y efluentes, su diseño de interior liso y material resistente a productos químicos asegura el flujo eficiente de fluidos minimizando los riesgos de obstrucción y corrosión, usualmente tiene espesores y diámetros más grandes que la tubería PVC de suministro.
PVCV (Policloruro de vinilo para ventilación)	El sistema sanitario necesita de una tubería de ventilación anexa a la tubería de desagüe, la cual asegura que se mantenga la presión atmosférica y trabaje a flujo libre, ya que si este sistema encontrara presiones en sus ductos podría romper los sellos hidráulicos y generar malos olores en los elementos a los que conecta, los tubos de ventilación también suelen instalarse en PVC, maneja menores espesores que el de alcantarillado a ventilar.
PVCR (Policloruro de vinilo rígido)	Tubos de PVC rígidos usados en sistemas muy grandes o con altos caudales, entre cajas medidoras, así como construcción de tanques y válvulas en proyectos industriales es químicamente estable para su uso en tierra y poco inflamable tendiendo a una mínima susceptibilidad de fisuras de esfuerzo, la temperatura ideal de uso continuo puede oscilar entre los -15 y los 60 grados C para conservar la disposición de resistencia, rigidez y dureza elevada.
HDPE (Polietileno de Alta Densidad)	El Polietileno de alta densidad es de los más usados actualmente en el país para tuberías de gas natural, de bajo coste y muy fácil de encontrar, también está subdividido según su composición (Neyra Rodriguez, 2021).
Polietileno con cobre	Su alcance es el sistema de tuberías, accesorios y elementos para la distribución de gas natural, el cobre aporta rigidez o flexibilidad según sea necesario al polietileno que es el polímero sintético con mayor volumen de producción de todo el mundo y muy eficiente cuando se busca un tubo de presiones bajas.
PEALPE	Es una tubería de 3 capas (polietileno, aluminio y polietileno) comúnmente vista en instalaciones internas residenciales y comerciales aprobada por la Norma Técnica Colombiana (NTC) para gas y recomendadas para este servicio por el fabricante.
Acero al carbono	Como su nombre lo indica se trata de acero con un porcentaje de carbono, se destaca por su resistencia a los golpes, se usa en las redes contra incendio para controlar fuegos tipo A (madera, papel, cartón, tela o plástico) por medio de enfriamiento con el agente extintor de mayor refrigeración, el agua. Como regla general, se considera tubería de SCH40 para diámetros de hasta 2” considerando uniones roscadas y tubería de acero SCH10 para diámetros mayores a 2 ½” considerando uniones ranuradas, dichas tuberías están diseñadas exclusivamente para el uso en redes contraincendios y conducción de fluidos poco corrosivos a bajas presiones, son livianas y de fácil instalación (Morales Rodriguez, 2022).

2.1.4 Ecuaciones principales para hallar el caudal de diseño de redes sanitarias, hidráulicas, de gas y contraincendios.

2.1.4.1 Caudal de diseño red sanitaria

El caudal doméstico o residencial de aguas negras o servidas, se halla como el coeficiente de retorno R por la población P, por la dotación neta dada por día y por habitante, dividido sobre los segundos que tiene un día, de igual forma si se cuenta con zonas comerciales, industriales o institucionales las cuales contarán con su respectivo coeficiente de retorno dependiendo del área en análisis (EMPAS, 2023).

$$Q_d = \frac{(R * P * D_{NETA})}{86400}$$

El caudal medio se da a partir de la suma de los caudales mencionados anteriormente de la siguiente forma

$$Q_{MEDIO} = Q_d + Q_c + Q_i + Q_{it}$$

Y a continuación el caudal máximo es el caudal medio multiplicado por 3, asumiendo las horas picos en que la población hace uso de los desagües.

$$Q_{MÁX} = 3 * Q_{MEDIO}$$

Es pertinente además hallar el caudal por infiltración y el caudal de conexiones erradas, los cuales se sumarán al caudal residencial anterior como un factor de seguridad ante dichos imprevistos y se hallará así el caudal de diseño (EMPAS, 2023).

$$Q_{INF} = C_{INF} * A$$

$$Q_{CE} = C_{CE} * A$$

$$Q_{DISEÑO} = Q_d + Q_{INF} + Q_{CE}$$

El caudal pluvial se toma como el coeficiente de escorrentía C por la intensidad de lluvia de la zona I por el área de análisis.

$$Q_{PLUVIAL} = C * I * A$$

Donde el coeficiente de escorrentía C se da por la vegetación del área calculada, teniendo en cuenta que entre mayor porcentaje de las aguas lluvias lleguen a la red de tubería mayor será C y entre mayor absorción por el suelo natural haya, menor es C, siendo de 0.9 en cubiertas de concreto y de 0.3 en parques recreacionales («Gestión del Agua Lluvia», s. f.).

2.1.4.2 Caudal de diseño red hidráulica

El caudal de diseño de la red de suministro residencial (QR) se da a partir del análisis de la dotación neta (Dneta) por persona en un día, según el nivel de complejidad y el clima en la zona, y número de personas que se espera que habiten en la edificación, de la siguiente manera.

$$Q_R = \frac{Hab}{apto} * N.aptos * D_{NETA}$$

En el caso de los locales comerciales, el caudal de diseño comercial (Q_c) se calcula como el producto del área del local (A) y el consumo de agua mínimo ($C_{mín}$) dependiendo de la tipología de comercio, los datos de consumo mínimo residencial y comercial están basados en el título B del RAS (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

$$Q_c = A * C_{mín}$$

Se suman los caudales anteriormente calculados para hallar el caudal con el que se diseña la red de suministro de toda la edificación.

$$Q_{diseño} = Q_R + Q_c$$

2.1.4.3 Caudal de diseño red de gas

En la red de gas se toma en cuenta que es poco probable que todos los aparatos a gas funcionen simultáneamente, así que se calcula el caudal máximo de simultaneidad de la siguiente forma, donde A. B. C. D ... N son los aparatos que funcionan a gas.

$$Q_{DISEÑO} = A + B + \frac{(C + D + \dots + N)}{2}$$

Se obtienen además las pérdidas de presión para mantener el control de la misma con la fórmula de RENOARD (De la Cruz Camayo & Rojas Catillo, 2022).

$$DP = 23,200 \times d_r \times L_E \times Q^{1.82} \times D^{-4.82}$$

2.1.4.4 Caudal de diseño red contraincendios

Para el caudal de la red contraincendios se tiene en cuenta el caudal requerido para rociadores de zonas sociales y para uso de los bomberos en caso de incendio.

$$Q_{DISEÑO} = Q_{ROCIADORES} + Q_{MANGUERAS}$$

2.2 Marco contextual

Los desafíos con la instalación de dichas redes en Colombia se deben en su mayoría a la variabilidad de la calidad del agua, la infraestructura deficiente y la necesidad de minimizar el impacto en las comunidades durante la construcción, para lo cual se ha implementado localmente sistemas sostenibles como la reutilización de aguas grises y el uso de tecnologías para el monitoreo de redes, Construingeniería se mantiene actualizado respecto dichas implementaciones y adapta sus diseños a los requerimientos siempre y cuando se cumplan las normativas básicas y se optimicen los diseños.

A nivel internacional hay un énfasis en el diseño de redes con el uso de energías renovables, así como el monitoreo remoto, otra tendencia creciente es la integración de redes hidráulicas y sanitarias con sistemas de recolección de aguas lluvias y plantas de tratamiento para la reutilización saludable de las mismas, , en el exterior se usan normas como la ISO (International Organization for Standardization) y la NFPA (National Fire Protection Association) como normativa para el diseño y la instalación, Colombia toma inspiración de proyectos en países con condiciones similares como Brasil o México que pueden enfrentar desafíos ante infraestructura urbana o rural y la reducción de fugas de gas, para estar en constante búsqueda de innovación y mejoramiento de las redes hidrosanitarias y alcantarillados del país (Sánchez Herrera, 2019).

2.3 Marco normativo

El desarrollo de proyectos de ingeniería en el ámbito de las redes hidráulicas, sanitarias, de gas y contraincendios requiere una rigurosa observancia de las normas técnicas y reglamentarias vigentes en Colombia. Durante la práctica empresarial en Construingeniería SAS, se estudia y aplica un marco normativo integral que abarca las principales regulaciones y estándares técnicos que rigen el diseño, construcción y operación de estas instalaciones.

Actualmente, en Colombia el diseño de redes hidráulicas y sanitarias se rige principalmente por la Norma Técnica Colombiana NTC1500 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2023) la cual establece los requisitos mínimos para garantizar el funcionamiento adecuado de los sistemas de abastecimiento de agua potable, así como los sistemas de desagüe en general, rige tanto para la construcción como para la modificación y mantenimiento de las mismas, en cuanto a las redes de gas está el Reglamento Técnico de Instalaciones Internas de Gas Combustible (Resolución 90902 de 2013) y el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) Título J que contiene requisitos de protección contra incendios en edificaciones.

2.3.1 Normas Técnicas Colombianas (NTC)

A continuación, se presenta la tabla 2, la cual recopila las Normas Técnicas Colombianas (NTC) de referencia que deben ser consideradas en los proyectos relacionados con el diseño y construcción de redes hidráulicas, sanitarias, de gas y sistemas contra incendios. Estas normativas establecen los requisitos técnicos esenciales para garantizar la seguridad, eficiencia y calidad en la implementación de dichas instalaciones.

Tabla 2

Normativa a revisar de las NTC en los proyectos relacionados.

Normas Técnicas Colombianas (NTC) de referencia	
Norma	Enfoque
NTC 1500	Establece los requisitos para el diseño y construcción de instalaciones hidrosanitarias en edificaciones. Incluye especificaciones sobre la instalación de tuberías, dispositivos de control, métodos de prueba, y prácticas de mantenimiento.
NTC 2301	Norma para el diseño e instalación de sistemas de protección contra incendios. La NTC 2301 se enfoca en regaderas automáticas
NTC 1669	Norma para el diseño e instalación de sistemas de protección contra incendios. Regula los sistemas de gabinetes de redes contra incendio en edificaciones.
NTC 2505	Norma relacionada con el diseño y construcción de redes de gas natural. Tubos de PVC rígido para conducción a presión.
NTC 3561	Norma relacionada con el diseño y construcción de redes de gas natural. Redes de distribución de gas natural y gases manufacturados.
NTC 3853	Norma relacionada con el diseño y construcción de redes de gas natural. Reguladores de presión para gas natural.

2.3.2 *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS)*

El RAS vigente es el reglamento que establece los criterios técnicos y ambientales para el diseño, construcción y operación de sistemas de acueducto y alcantarillado, emitido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Este reglamento es fundamental para asegurar que las redes de saneamiento cumplan con los requisitos de calidad y sostenibilidad ambiental, protegiendo la salud pública y los recursos naturales.

2.3.3 Normas y Especificaciones de Empresas de Servicios Públicos

Las normas y especificaciones de las empresas de servicios públicos son documentos técnicos que establecen los requerimientos específicos que deben cumplir las redes de acueducto, alcantarillado y gas natural para ser aceptadas y operadas por las compañías prestadoras del servicio. Estas especificaciones incluyen aspectos como materiales permitidos, métodos de construcción, y procedimientos de inspección y prueba.

2.3.4 Consejo Profesional Nacional de Ingeniería (COPNIA)

El Consejo Profesional Nacional de Ingeniería es la entidad encargada de la regulación y supervisión del ejercicio profesional de los ingenieros en Colombia. COPNIA garantiza que los proyectos de ingeniería cumplan con los estándares de calidad, seguridad, y ética profesional, y asegura que los ingenieros estén debidamente registrados y calificados para ejercer la profesión.

3. Metodología

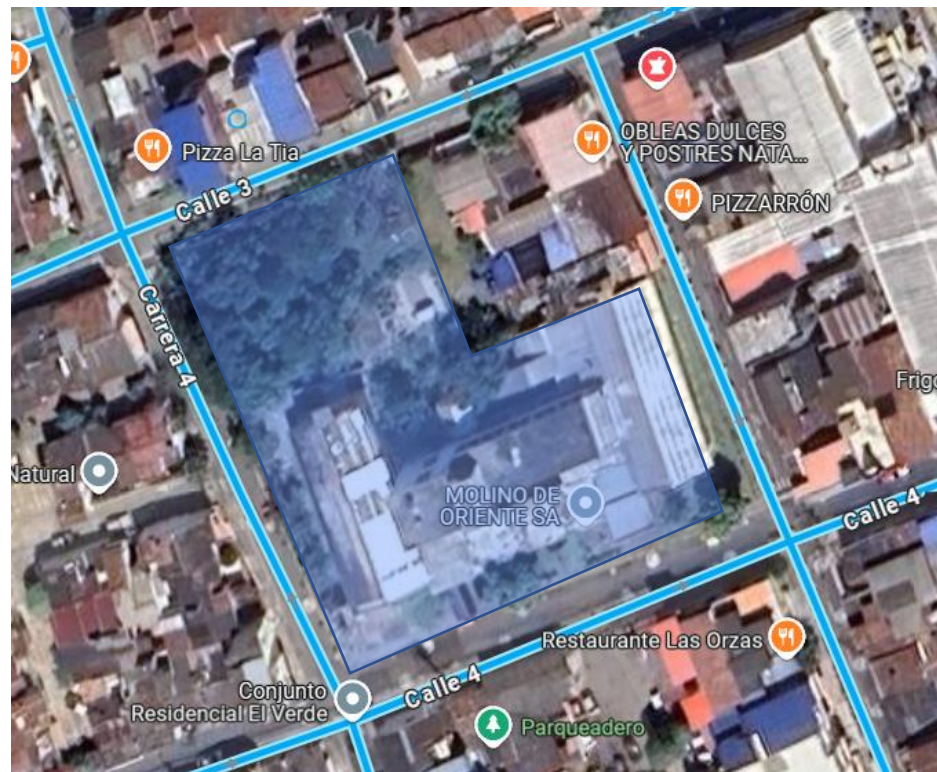
Para ilustrar de manera detallada este proceso, se toma como referencia un proyecto específico (Florida Central L-44), en el cual se aplicó una metodología estructurada que incluyó el análisis de requerimientos, elaboración de planos, cálculos de diseño, revisión normativa, costos y generación de documentos técnicos.

El procedimiento tipo presentado a continuación abarca las fases fundamentales del diseño de redes, desde la recopilación de información inicial hasta la entrega de los documentos finales. Se detallan los pasos seguidos, los criterios técnicos adoptados y las herramientas utilizadas, con el fin de proporcionar una guía clara sobre la metodología empleada en el desarrollo de este tipo de proyectos durante una práctica empresarial de ingeniería civil.

Florida central es un conjunto residencial conformado por dos torres de 17 niveles de apartamentos, con locales comerciales, parqueaderos y zona social en los sótanos. El proyecto se encuentra localizado en la Carrea 4 - Calle 4 Casco Antiguo, Municipio de Floridablanca, referencia gráfica en la figura 2.

Figura 2

Mapa de localización del proyecto.



Nota. La figura muestra la zona donde se construirá el proyecto residencial Florida Central.

Adaptado de (Google Maps, s. f.).

3.1 Análisis e interpretación de planos constructivos

3.1.1 Revisión de planos arquitectónicos

La interpretación detallada de los planos arquitectónicos de cada proyecto es muy importante para comprender la estructura, funcionalidad y requerimientos del mismo con el fin de

garantizar un diseño integrado, coherente y óptimo. Para dicho análisis se hace uso del software AutoCAD®, el cual permite visualizar los planos y modelo para planificar el diseño de las redes a partir del contexto arquitectónico. La Figura 3 muestra el plano arquitectónico del proyecto.

Figura 3

Planta general arquitectónica piso tipo del proyecto Florida Central.



Nota. El gráfico muestra como está diseñado el piso tipo del proyecto residencial Florida Central.

Adaptado de Constructora ZABDI (2024).

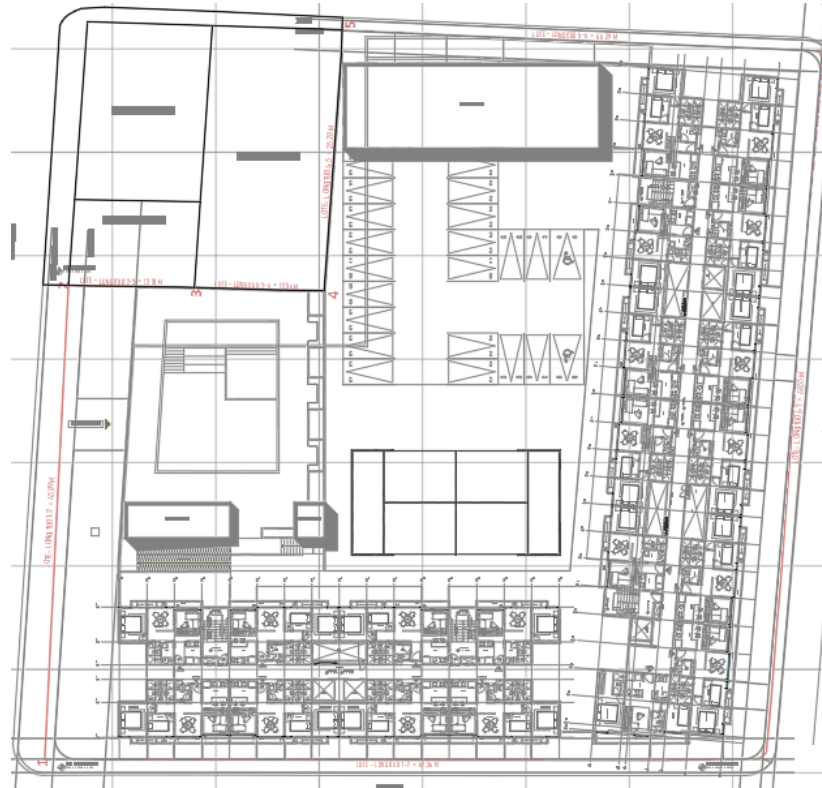
3.2 Trazado de redes

3.2.1 Limpieza o depuración de los planos arquitectónicos

Una vez se obtuvo comprensión completa de la arquitectura y funcionalidad de la estructura a través de sus diferentes vistas, se procedió a identificar las plantas tipo, todas aquellas que tengan algún cambio en su arquitectura, dimensiones u organización, se separaron por medio del software AutoCAD, se apagaron capas innecesarias, se limpiaron de sólidos, decoración, colores, se pasaron todas las capas a una en tono gris para poder proceder a trazar las redes y que estas sean visibles y claras.

Figura 4

Planta general arquitectónica piso tipo depurada del proyecto Florida Central.



Nota. El gráfico muestra el piso tipo del proyecto residencial Florida Central depurado de sólidos y rellenos para la realización del trazado.

3.2.2 Trazado de Redes Hidráulicas, Sanitarias, de Gas Natural y Contra Incendios

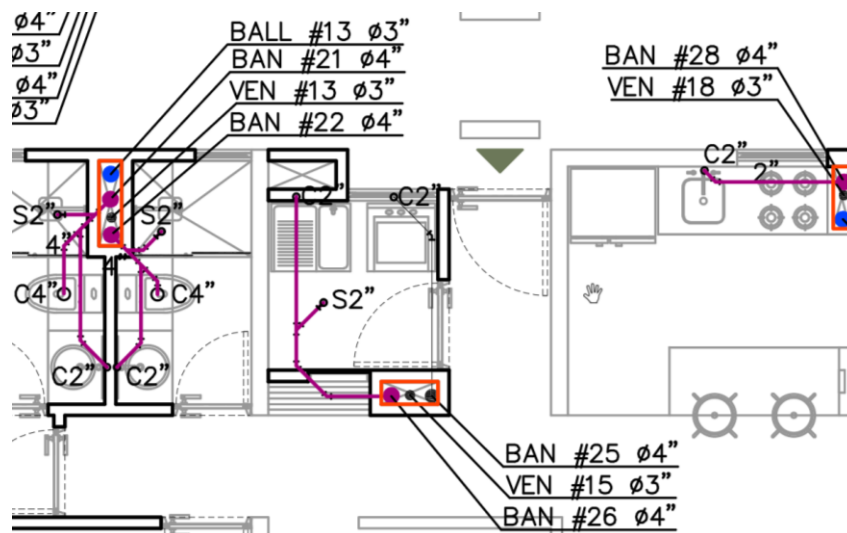
Con las plantas depuradas, se separaron las dos torres como un detalle aislado para facilitar la escala de visualización debido a las dimensiones del proyecto.

Para el trazado sanitario en el software mencionado, se ubicaron los codos y sifones correspondientes a cada punto de desagüe y se empezó con el trazado correspondiente que

generalmente conecta a los bajantes de aguas negras (tubería vertical) en cada piso superior, las cuales están conectadas a una tubería de ventilación de menor diámetro para asegurar que trabajen a flujo libre y controlar los olores, mientras que en los inferiores se busca recolectar el fluido que traen todos estos bajantes y conectarse al sistema de alcantarillado municipal teniendo en cuenta siempre conectarse con un diámetro menor o igual y verificando que el tramo siguiente siga cumpliendo su funcionalidad. En la cubierta por su parte, se ubicaron los sifones que recogerán las lluvias y se propusieron las pendientes para evitar una carga de empozamiento adicional a la estructura en caso de precipitaciones, el trazado sanitario usa codos simples de 135 grados y en “Y” de 45 grados para las conexiones entre tuberías. La figura 5 a continuación detalla el trazado sanitario en planta para un apartamento tipo.

Figura 5

Detalle del trazado sanitario en un apartamento del proyecto Florida Central

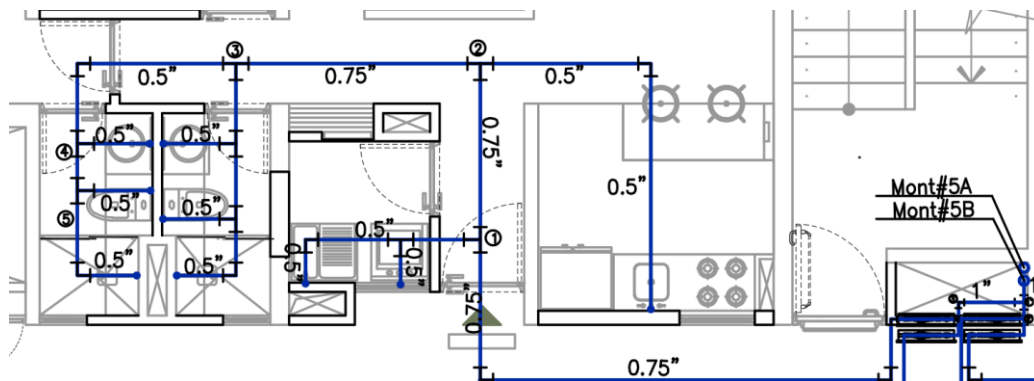


Nota. El gráfico muestra un detalle de cómo se encuentra diseñado el sistema de redes sanitarias para un apartamento tipo del proyecto residencial Florida Central.

Para el trazado hidráulico de igual forma se identificaron los aparatos que necesitan el suministro de agua, los cuales se conectaron al medidor del apartamento y este a su vez, a los montantes (tubería vertical), los cuales están conectados a las bombas necesarias para la distribución del agua potable a pisos superiores, por lo que es una red a presión, las bombas toman el agua del tanque de almacenamiento que se conectó a la red de acueducto por medio de un medidor general para toda la edificación. Este trazado usa comúnmente codos de 90 grados y cada unidad residencial tiene su medidor para el correcto cobro y control del servicio público. En la figura 6 se puede observar el detalle del trazado interno hidráulico en planta para un apartamento tipo.

Figura 6

Detalle del trazado hidráulico en un apartamento del proyecto Florida Central

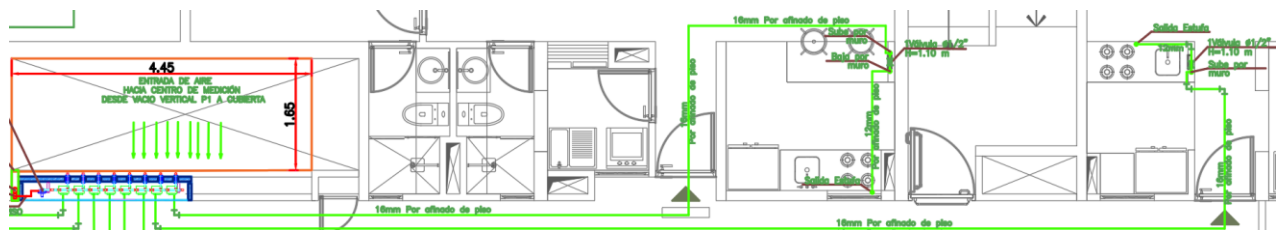


Nota. El gráfico muestra un detalle de cómo se encuentra diseñado el sistema de redes hidráulicas para un apartamento tipo del proyecto residencial Florida Central.

En el caso de red de gas y de incendios, estas también trabajan a presión, la red de gas se trazó con ángulos rectos también y contiene accesorios adicionales como válvulas y reguladoras para controlar la presión del gas y garantizar correcto suministro y seguridad, evitando fugas o teniendo mayor facilidad de arreglos localizados, también cuenta con un (1) medidor por cada unidad residencial o apartamento. De la red externa que funciona a alta presión, se conectó una reguladora de primera etapa que baja a media la presión y así se lleva el gas a los montantes para la distribución del mismo en los niveles, en cada piso se conectó la red a una reguladora de segunda etapa que convierte la presión a baja y así distribuirla a los puntos de suministro de cada apartamento. La figura 7 corresponde al trazado en planta de la red de gas en un apartamento tipo.

Figura 7

Detalle del trazado de la red de gas en un apartamento del proyecto Florida Central

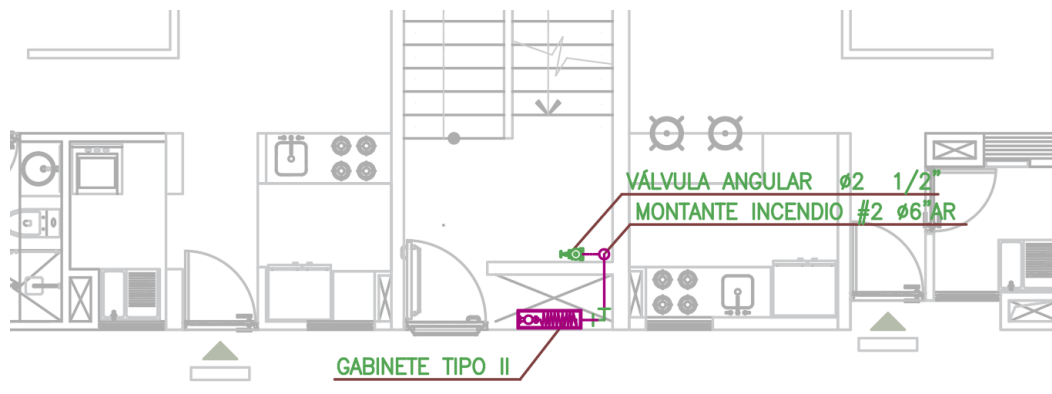


Nota. El gráfico muestra un detalle de cómo se encuentra diseñado el sistema de redes de gas para un apartamento tipo del proyecto residencial Florida Central.

En cuanto a la red contra incendios depende mucho de la clasificación de la edificación que sea, por ejemplo, si es un centro masivo de reunión (clasificados en el grupo 1, institucional) se deben poner rociadores según la norma NTC2301, en casos residenciales como Florida Central, el trazado es bastante simple, pues cuenta con el sistema de bombas que recogen agua del tanque y la transportan por medio de los montantes de incendios, hacia una válvula angular y un gabinete con manguera y con válvula que se diseñó de 1 y 1/2", con trazado de conexiones en ángulos rectos también, lo más importante en esta red es garantizar la accesibilidad y facilidad de operación en caso de emergencia, se debe ubicar un tanque de reserva o bien tener en cuenta el volumen necesario para incendios en el tanque principal de la edificación, que es el caso de este proyecto, en la figura 8 se observa la planta de un apartamento tipo con los componentes contraincendios.

Figura 8

Detalle del trazado de la red contra incendios en un apartamento del proyecto Florida Central



Nota. El gráfico muestra un detalle de cómo se encuentra diseñado el sistema de redes contra incendios para un apartamento tipo del proyecto residencial Florida Central.

3.2.3 Generación de planos constructivos

Una vez la red fue acotada con la información pertinente de longitud, diámetro y tipo de tubería, se generan los planos a escala dependiendo de la magnitud del proyecto para que se tenga una correcta visualización en obra, se agregaron convenciones y se plasmó en el rótulo de la empresa con la información de los responsables y del plano, adicionalmente se configuraron en el software AutoCAD® los trazadores que maneja la empresa para que al exportar el plano en PDF los colores del trazado fueran acordes a los de la tabla de convenciones, generalmente se generan vistas planta, vistas perfil y detalles. Estos planos deben ser de fácil entendimiento para los constructores y deben cumplir con las especificaciones de las entidades de servicios.

3.3 Modificación de memorias de diseño

3.3.1 Estudio de normativas aplicables

Inicialmente se realizó la revisión y estudio de las normativas técnicas que rigen el diseño de instalaciones hidráulicas, sanitarias, de gas natural y de protección contra incendios, la cual es muy importante para los cálculos y los parámetros mínimos. Se realizó un estudio preliminar principalmente de la NTC 1500 (Código Colombiano de Fontanería), la NTC 2505 (Instalaciones para Suministro de Gas Combustible) y la NTC 2301 (Sistemas de redes contra incendios en edificaciones) asegurando que todos los criterios y requisitos legales y técnicos fueran comprendidos y aplicados en el diseño.

3.3.2 Verificación de Cálculos Sanitarios

Para el diseño sanitario, se verificó primero qué tipo de tubería y sus especificaciones, descritas en la tabla 3.

Tabla 3

Especificaciones técnicas para tuberías sanitarias.

Especificaciones Técnicas De Tuberías Instalaciones Sanitarias Y Redes De Alcantarillado	
1	Tuberías y accesorios PVC grado 1 tipo 1
2	Tubería PCV SANITARIA (PVCS) para redes internas de aguas negras y lluvias
3	Tubería PCV VENTILACION (PVCV) para redes internas de ventilación
4	Tramos entre cajas de inspección y tramos red de alcantarillado exterior usar tubería PVC ESTRUCTURAL O RÍGIDA (PVCR)
5	Redes internas de desagüe y tramos no indicados usar pendiente mínima de desagüe del uno por ciento ($P_{mín}=1.0\%$)
6	En canales de concreto usar pendiente mínima de desagüe del uno punto cinco por ciento ($P_{mín}=1.5\%$)
7	Espaciamiento horizontal máximo entre soportes de tubería sanitaria y de ventilación 1.50 metros
8	Espaciamiento vertical máximo entre soportes de tubería sanitaria y ventilación 3.00 metros
9	Todas las áreas de pisos y terrazas que reciben aguas lluvias deben tener una pendiente mínima del uno por ciento ($P_{mín}=1.00\%$) hacia el sifón de drenajes correspondiente

Nota. La tabla muestra las especificaciones técnicas de tuberías para instalaciones sanitarias y redes de alcantarillado. Adaptado de Manual Para el Cálculo de Alcantarillado de (EMPAS, 2023)

3.3.2.1 Parámetros de diseño de alcantarillado Norma EMPAS

Los parámetros para el diseño de alcantarillado de la norma EMPAS se resumen en la tabla 4, se deben verificar y cumplir para la aprobación de la red.

Tabla 4

Parámetros de diseño de alcantarillado.

Parámetros de diseño de alcantarillado	
Descripción	
1	La velocidad máxima para colectores en PVC es de 10.0 m/seg.
2	El número de FROUDE de los tramos de alcantarillado exterior proyectados, se recomienda evitar entre $0.90 < Fr < 1.10$
3	Para el cálculo del sistema de alcantarillado se realizó con los diámetros mínimos internos reales de 180 mm para el sistema sanitario y de 260 mm para el sistema pluvial o combinado.
4	La relación máxima permisible entre la profundidad del flujo y diámetro interno real de la tubería (y/d) en alcantarillados sanitarios es del 85 % y para alcantarillados pluviales y/o combinado es de 93%.
5	Para tuberías con diámetros menores o iguales a 600 mm que tengan conexiones domiciliarias conectadas directamente al cuerpo de estas, la máxima relación y/d es de 70%.
6	Como criterio de autolimpieza, se tuvo en cuenta una velocidad real mínima que genere un esfuerzo cortante (fuerza activa) en la pared de la tubería de mínimo 0,1 Kg/m ² (1Pa) en alcantarillados sanitarios y de 0.2 Kg/m ² (2.0 Pa) en alcantarillados pluviales o combinados.
7	La distancia mínima entre la rasante de la vía vehicular y la cota extradós de la tubería es de 120 cm. Para distancias inferiores a 90 cm se proponen atraques totales en concreto a la tubería, para vías peatonales y áreas recreacionales la distancia mínima entre la rasante y la cota extradós de la tubería es de 75 cm.
8	Rugosidad de Manning $n = 0.010$ en tubería de PVC (Rojas, 2015)

Nota. La tabla muestra los parámetros mínimos de diseño de redes de alcantarillado. Adaptado de

Manual Para el Cálculo de Alcantarillado de (EMPAS, 2023).

3.3.2.2 Parámetros de control en alcantarillado pluvial

Los siguientes criterios se tienen en cuenta para verificar el cumplimiento y correcto funcionamiento de la red de alcantarillado pluvial proyectada.

El tiempo de concentración inicial adoptado es de 8 minutos.

De acuerdo con las normas de diseño el periodo de retorno se seleccionó de acuerdo con los criterios indicados a continuación en la tabla 5.

Tabla 5

Factor periodo de retorno dependiendo del sector

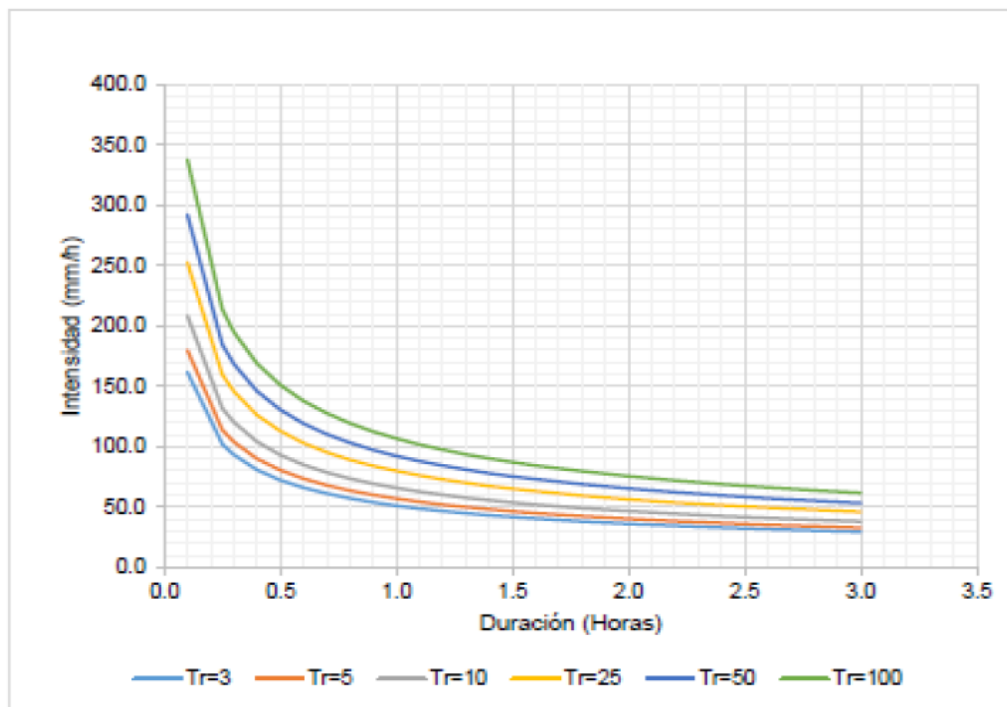
Periodo de retorno	Sector
3	Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores a 2 hectáreas
5	Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores a 2 hectáreas
5	Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas
10	Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores a 10 hectáreas, donde el caudal que exceda al de diseño tenga la posibilidad de verter por una ladera o escarpa
25	Tramos del sistema donde el caudal que exceda al de diseño tenga la posibilidad de verter por una ladera o escarpa
50	Emisarios finales o estructuras de vertimiento, se utilizará un periodo de retorno de 25 años, con un borde libre tal que permite alojar, sin desbordamiento, la escorrentía ocurrida por un aguacero de 50 años como periodo de retorno.
50	Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas
100	Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas
100	Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas

Nota. La tabla muestra el periodo de retorno dependiendo del sector usado en el diseño de alcantarillado sanitario. Adaptado de Manual Para el Cálculo de Alcantarillado de (EMPAS, 2023).

Dependiendo del tiempo de recorrido del agua y de la frecuencia de lluvias, se determinó la intensidad pluvial de la zona con base en las gráficas de Intensidad - Duración – Frecuencia del AMB consignadas en la figura 9 (EMPAS, 2023).

Figura 9

Curvas y datos para IDF en Bucaramanga y su área metropolitana



Nota. El gráfico muestra las curvas IDF del área metropolitana de Bucaramanga. Tomado de Manual Para el Cálculo de Alcantarillado de (EMPAS, 2023).

En la tabla 6 se especifican los datos de Intensidad - Duración – Frecuencia con los cuales se graficaron las curvas anteriores.

Tabla 6*Tabla IDF para Bucaramanga y su área metropolitana*

Periodo de retorno (años)	Duraciones (minutos) / Intensidad (mm/h)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
3	177.2	125.3	102.3	73.7	59.1	51.1	36.2	10.4
5	197.3	139.5	113.9	80.5	65.8	56.9	40.3	11.6
10	228.2	161.3	131.7	93.1	76.1	65.9	46.6	13.4
25	276.6	195.6	159.7	112.9	92.2	79.8	56.5	16.3
50	319.9	226.2	184.7	130.6	106.6	92.3	65.3	18.9
100	370.0	261.8	213.6	151.1	123.3	106.8	75.5	21.8
500	518.8	366.9	299.5	211.8	172.9	149.8	105.9	30.6

Nota. La tabla muestra los datos de IDF para el área metropolitana de Bucaramanga. Adaptado de Manual Para el Cálculo de Alcantarillado de (EMPAS, 2023)

Las áreas aferentes fueron calculadas geoméricamente en planta y convertidas en Ha de acuerdo con las zonas que drenarán sus aguas al colector respectivo.

Se utilizó para el presente proyecto un coeficiente de escorrentía de 0.75, dado que es una zona residencial.

Se calculó el caudal de aguas lluvias para el diseño de alcantarillado pluvial.

$$Q_{PLUVIAL} = C * I * A$$

Dónde:

- C = Coeficiente de escorrentía
- I = Intensidad de la lluvia lps / Ha
- A = Área que drena en Ha

3.3.2.3 Parámetros de control para instalaciones sanitarias internas de aguas lluvias

Según la NTC-1500, el principal parámetro a revisar es el caudal máximo permitido para los bajantes de aguas lluvias y/o colectores horizontales, el cual es variable en función de las dimensiones de la tubería, como se observa en la tabla 7.

Tabla 7

Capacidad de las tuberías para aguas lluvias según su diámetro

Capacidad horizontal (P=1.0%)		Capacidad vertical	
Diámetro (pulg)	Capacidad (LPS)	Diámetro (pulg)	Capacidad (LPS)
2"	1.39	2"	2.15
3"	3.47	3"	5.49
4"	7.26	4"	11.36
6"	21.70	6"	33.94
8"	45.04	8"	70.46
10"	82.70	10"	129.32

Nota. La tabla muestra la capacidad de caudal para las tuberías sanitarias de lluvias dependiendo de su diámetro y orientación. Adaptado de la NTC 1500 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2023).

3.3.2.4 Parámetros de control en alcantarillado sanitario aguas negras

Los criterios y el caudal a tener en cuenta en el diseño de alcantarillado de aguas residuales, se resumen a continuación.

Se adopta una vida útil para el diseño de 25 años.

Las áreas aferentes fueron calculadas geoméricamente en planta y convertidas a Ha de acuerdo con las zonas que drenarán sus aguas al colector respectivo.

El caudal de aguas negras para aportes domésticos se determinó por la expresión:

$$Q_d = \frac{(R * P * D_{NETA})}{86400}$$

Donde:

QD = Caudal medio diario de aguas residuales domesticas (lps)

R = Coeficiente de Retorno

P = Población servida (Ha)

D NETA = Dotación neta por habitante en litros por habitante y por día.

El caudal medio de aguas negras, también se puede estimar con base en las densidades brutas de población (Dp), mediante la expresión:

$$Q_d = \frac{(R * D_P * A_D * D_{NETA})}{86400}$$

Donde:

AD: Área de aportes domésticos

Para Aportes institucionales el caudal de aguas negras viene dado por:

$$Q_{INST} = C_{INST} * A_{INST}$$

Donde:

Q inst: Caudal medio diario de aguas residuales institucionales (lps)

C inst: Consumo institucional 0,50 lps /Ha

A inst: Área institucional

Para calcular el caudal medio diario total se sumaron los aportes por aparatos domésticos o residenciales, comerciales, industriales e institucionales.

$$Q_{MEDIO} = Q_d + Q_c + Q_i + Q_{it}$$

El caudal máximo horario es el caudal medio horario por un factor (f).

$$Q_{MH} = f * Q_{MEDIO}$$

El factor de mayoración (f) se determinó de la curva de relación de caudales medios y máximos horarios, dado en la figura 1 del manual de alcantarillado (EMPAS, 2023), página 12, que, para los caudales medios manejados en este proyecto, este factor tiene un valor $f = 3.0$

Se consideró adicionalmente un caudal de infiltraciones (Q_{inf}) y uno de conexiones erradas (Q_{ce}) para prevenir los problemas por estos casos comunes.

$$Q_{INF} = (0.3lps/ha) * \Sigma A$$

$$Q_{CE} = (0.2lps/ha) * \Sigma A$$

Al sumar estos caudales se obtiene el caudal de diseño (QD) usado en los cálculos.

$$Q_D = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CE}$$

Donde:

QMH: Caudal Máximo Horario en lts/seg

Qinf: Caudal de Infiltración en lts/seg

Qce: Caudal por conexiones erradas en lts/seg

3.3.2.5 Parámetros de control para instalaciones sanitarias internas de aguas negras

Para el cálculo de las instalaciones sanitarias internas de aguas negras se consideraron las especificaciones dadas por la norma NTC-1500.

Las unidades de descarga y los diámetros mínimos de conexión dados por la norma, para los aparatos usados más comúnmente son resumidos en la tabla 8.

Tabla 8

Unidades de desagüe de aparatos sanitarios y diámetro de conexión

Aparato	Uso	Unidades de descarga	Diámetro mínimo de conexión (pulg)
Ducha	Privado	2	2"
Ducha infantil	Privado	2	3"
Sifón de piso	Privado	1	2"
Poceta de aseo	Público	3	3"
Inodoro tanque	Privado	3	4"
Inodoro válvula de fluxómetro	Público	6	4"
Lavamanos	Privado	1	2"
Lavamanos	Público	2	2"
Lavamanos quirúrgico	Público	2	2"
Lavaplatos	Privado	2	2"
Lavadora	Privado	2	2"
Lavadero	Privado	2	2"

Nota. La tabla muestra las unidades de desagüe de cada aparato sanitario perteneciente al proyecto Florida Central y el diámetro mínimo de conexión. Adaptado de la NTC 1500 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2023).

En el siguiente cuadro se muestra el número máximo de unidades de descarga que puede ser conectado a cada conducto, siendo así, la tabla 9 se usó para comparar la capacidad calculada de la tabla 8 y verificar que cumpla el diámetro de los conductos.

Tabla 9

Capacidad de las tuberías para aguas negras según su diámetro

Capacidad horizontal (P=1.0%)		Capacidad vertical	
Diámetro (pulg)	Capacidad (UD)	Diámetro (pulg)	Capacidad (UD)
2"	8	2"	10
3"	36	3"	48
4"	180	4"	240
6"	700	6"	960
8"	1600	8"	2200
10"	2900	10"	3800
12"	6560	12"	6000

Nota. La tabla muestra la capacidad de caudal para las tuberías sanitarias de aguas negras dependiendo de su diámetro y orientación. Adaptado de la NTC 1500 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2023).

3.3.2.6 Parámetros de control para circuitos de ventilación

La longitud máxima de los circuitos de ventilación individual, se especifica en la tabla 10, los parámetros de entrada de la tabla son el diámetro del bajante, diámetro de la ventilación y el número máximo de unidades a ventilar, dando como parámetro de salida la longitud máxima del tubo de ventilación permitida por la NTC1500.

Tabla 10

Longitud máxima de circuitos de ventilación individuales.

Diámetro del ramal horizontal de desagüe	Número máx. de UD	Diámetro del tubo de ventilación					
		38mm (1 ½")	51mm (2")	64mm (2 ½")	76mm (3")	102mm (4")	
Máxima longitud del tubo de ventilación (m)							
38mm	(1 ½")	10	6				
51mm	2"	12	4.5	12			
51mm	2"	20	3	9			
76mm	3"	10		6	12		
76mm	3"	30			12	30	
76mm	3"	60			4.8	24	
102mm	4"	100		2.1	6	15.6	60
102mm	4"	200		1.8	5.4	15	54
102mm	4"	500			4.2	10.8	420

Nota. La tabla muestra la longitud máxima de ventilación y la capacidad de unidades de descarga a ventilar para cada diámetro de bajante. Adaptado de la NTC 1500 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2023).

Las dimensiones máximas de los tubos de ventilación principal, se especifican en la tabla 11, su dinámica funciona exactamente igual que la descrita para la tabla 10, pero en este caso se toman en cuenta sistemas de red de mayor dimensión.

Tabla 11*Dimensiones de los tubos de ventilación principales*

Diámetro del bajante		UD ventiladas	Diámetro requerido para el tubo de ventilación principal					152mm (6")
			38mm (1 ½")	51mm (2")	64mm (2 ½")	76mm (3")	102mm (4")	
Máxima longitud del tubo de ventilación (m)								
38mm	(1 ½")	8	45					
38mm	(1 ½")	10	30					
51mm	2"	12	23	60				
51mm	2"	20	15	45				
64mm	(2 ½")	42	9	30	21			
76mm	3"	10	12	45	109	317		
76mm	3"	21	10	33	82	246		
76mm	3"	53	8	28	70	207		
76mm	3"	102	7.6	26.2	64	189		
102mm	4"	43	4.5	10.7	25.9	76.2	298.7	
102mm	4"	140	3	8.2	19.8	61	228	
102mm	4"	320		7	16.8	51.8	195	
102mm	4"	540		6	15.2	45.7	176.8	
152mm	6"	500				10.2	39.6	304.8
152mm	6"	1100				7.9	30.5	238
152mm	6"	2000				6.7	25.6	201
152mm	6"	2900				6.1	23.5	182.9

Nota. La tabla muestra las dimensiones del tubo de ventilación y la capacidad de unidades de descarga a ventilar para cada diámetro de bajante. Adaptado de la NTC 1500 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2023).

3.3.3 Verificación de Cálculos Hidráulicos

El caudal de diseño de la red de suministro residencial (Q_R) se calculó con la siguiente ecuación

$$Q_R = \frac{Hab}{apto} * N. aptos * D_{NETA}$$

Donde:

Q_R = Caudal de suministro residencial

Hab/apto = Número de habitantes en cada apartamento

N. aptos = Número de apartamentos con servicio de agua potable

D_{NETA} = Dotación neta por habitante en litros por habitante y por día

La dotación por habitante se da según el nivel de complejidad del sistema y el clima de la zona donde se encuentre la edificación, se toma analizando la tabla 12 a continuación.

Tabla 12

Dotación neta por habitante

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

Nota. La tabla muestra la dotación de consumo en Litros/hab*día. Adaptado del título B de la RAS (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

El caudal de diseño de la red de suministro comercial (Q_c) se calculó a partir de la siguiente ecuación, con variabilidad según el tipo de comercio.

$$Q_c = A * C_{min}$$

Donde:

Q_c = Caudal de suministro comercial

A = Área comercial

C_{min} = Consumo mínimo comercial

El consumo mínimo comercial también se encuentra en el título B de la RAS y se define según el análisis de la tabla 13.

Tabla 13

Consumo mínimo en comercios

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

Nota. La tabla muestra el consumo de agua mínimo comercial. Adaptado del título B de la RAS (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

Se sumaron los caudales anteriormente calculados para hallar el caudal con el que se diseña la red de suministro de toda la edificación.

$$Q_{diseño} = Q_R + Q_c$$

Se presenta un resumen de las unidades de gasto totales de la edificación para la correcta selección de medidores en la tabla 14.

Tabla 14

Resumen de unidades de consumo torre 1 y torre 2

Consumo General			Solo AF	
No.	Tipos De Apartamentos	Cantidad	UG AF	Total UG
1	Apto (Una Alcoba)	70	8.5	595.0
2	Apto (Dos Alcobas)	269	12.8	3443.2
3	Locales comerciales	15	2.9	43.5
5	Zona social	1	99.0	99.0
			Total UG =	4180.7

Nota. La tabla muestra el total de unidades de consumo para las dos torres y todos los pisos, según la cantidad de apartamentos, locales y la zona social. Tomado de APÉNDICE K.

Se calculó el volumen de consumo y volumen de almacenamiento que equivale a un día de consumo más el volumen para incendios y se tomó un tiempo de llenado de tanque de 10 horas para calcular las dimensiones del tanque, ya que, conociendo la altura del piso, se obtuvo el área y se definió la longitud de cada lado, generalmente este diseño se realiza de la mano con el ingeniero estructural quién puede definir el área planta del tanque y entonces, se diseña su altura según la capacidad requerida.

De la misma forma, se diseñó el sistema de bombeo y las especificaciones de la bomba a partir del total de unidades de gasto, como se muestra a continuación en la figura 10.

Figura 10

Cálculo tipo del dimensionamiento de la bomba parte A.

No.	Tipo	Cantidad	UG Af	Q dis (lps)	Ø med	Qn (lps)	Hf med (m)
1	Apto (Una Alcoba)	70.00	8.50	0.34	0.50	0.840	1.64
2	Apto (Dos Alcobas)	269.00	12.80	0.44	0.50	0.840	2.74
3	Locales comerciales	15.00	2.90	0.13	0.50	0.840	0.24

CAUDAL DE BOMBEO

Total Unidades de Gasto = 4,180.70
 QB = 24.17 lps = 383.08 GPM

PRESION MINIMA A LA SALIDA DEL EHN

Pmín= **104.29 psi** = 73.00 mca
 Pmáx= **124.29 psi** = 87.00 mca

VOLUMEN DEL EQUIPO HIDRONEUMATICO

Vol EHN=QB*60*10% **145.01 Its**
 Usar 1 unidad(es) de **300.00 Its**
Usar Equipo variador de velocidad

Nota. El gráfico muestra el cálculo para el dimensionamiento del sistema de bombeo una vez se tienen las unidades de gasto requeridas. Tomado de APÉNDICE I.

Como se usarán variadores de velocidad, se modificó el volumen del tanque hidro acumulador pudiendo ser este el 10% del caudal a trabajar en litros por minuto.

Se recomienda usar un (1) equipo de presión Hidroflo con capacidad mínima de 300 litros.

Se propuso un sistema de bombeo con tres motobombas para todo el proyecto. Las motobombas trabajarán con una capacidad del 50% del caudal de bombeo. Dos en funcionamiento y la otra en stand by. Se hallaron las pérdidas de presión y se rectificó el caudal como se muestra en el cálculo tipo de la figura 11, las especificaciones de la bomba dependen del tipo y marca a instalar.

Figura 11

Cálculo tipo del dimensionamiento de la bomba parte B.

ALTURA DINAMICA DE BOMBEO

$$HDB = P \text{ impulso} + H_{succ} + H_f \text{ succ}$$

Presión de impulso

$$P \text{ impulso} = 104.29 \text{ psi} = 73.00 \text{ mca}$$

Altura de succión

$$H \text{ succ} = 0.60 \text{ m}$$

Perdidas en la succión

Caudal total de Bombeo

$$Q_B = 24.17 \text{ lps} = 383.08 \text{ GPM}$$

de Bombas en funcionamiento =

2.0 Unidad(es)

Caudal por cada Bomba

$$Q_B \text{ (c/u)} = 12.08 \text{ lps} = 191.54 \text{ GPM}$$

Clase de tubería=

HG

C =

100

K =

0.0696

Ø nom =

4.0 pulg succion

Ø interno=

4.03 pulg

V(m/s)=

1.47 m/s

J(m/m)=

0.0391 m/m

Nota. El gráfico muestra la continuación del cálculo para el dimensionamiento del sistema de bombeo, teniendo en cuenta las pérdidas en el sistema a presión. Tomado de APÉNDICE I.

3.3.4 Verificación de Cálculos de la Red de Gas

Lo primero que se verificó fue el tipo de gas y su regulación, para el caso de Florida Central se diseñó para gas natural y al tratarse de un edificio, se planteó la regulación en dos etapas, la primera para que el gas ingrese al edificio con presión media y la segunda para que ingrese a los apartamentos con presión baja.

3.3.4.1 Parámetros de control redes de gas a baja presión

La tabla 15 explica los criterios a tener en cuenta para el chequeo para suministro de gas.

Tabla 15

Parámetros de control de redes a baja presión

Parámetros de diseño de la red de gas	
Descripción	
1	La instalación individual trabajará siempre con gas a baja presión.
2	La pérdida de carga admitida a lo largo de la tubería debe ser tal que la presión de entrada a cada aparato sea siempre superior a 17 mbar.
3	La presión después del regulador de segunda etapa es de 23 mbar, la pérdida en el regulador es de 2 mbar, y la presión que se usara al inicio de instalación después del medidor es de 21 mbar.
4	La velocidad máxima del gas dentro de cada tramo de tubería, no supere los 20 m/s.

Nota. La tabla muestra los parámetros mínimos de diseño de redes de gas de baja presión.

Adaptado de (Gas Natural Fenosa, 2011).

Cuando una instalación individual doméstica tenga conectados más de dos aparatos a gas, es poco probable que todos ellos estén funcionando a su potencia nominal de forma simultánea. De esta forma los caudales máximos de simultaneidad de las instalaciones individuales domésticas, se calculan mediante la siguiente fórmula (Gas Natural Fenosa, 2011).

$$Q_{DISEÑO} = A + B + \frac{(C + D + \dots + N)}{2}$$

Se estimaron las pérdidas de presión en las tuberías por medio de fórmula de RENOARD que contiene como variables la densidad, longitud, diámetro y caudal (De la Cruz Camayo & Rojas Catillo, 2022).

$$DP = 23,200 \times d_r \times L_E \times Q^{1.82} \times D^{-4.82}$$

Donde:

DP: Pérdida De Presión. (mbar)

dr: Densidad relativa del gas.

Le: Longitud equivalente de un tramo en m. $Le = L_{real} \times 1.2$ m

Q: Caudal en m³ / h

D: Diámetro interior de la conducción en mm

Después, se verificó el sistema de ventilación, los equipos y artefactos a gas de uso doméstico instalados en el interior de las viviendas requieren de un permanente suministro de aire para combustión, ventilación y dilución de gases de combustión. Por lo tanto, deben considerarse la ubicación de dos aberturas permanentes para garantizar una adecuada ventilación del recinto.

Después de revisar la NTC 2249, 3470, 2635, 2505, 3833 y 3631 para las especificaciones de tuberías, uniones, válvulas y ventilaciones, se calculó el consumo total de aparatos instalados, como en la siguiente tabla ejemplo.

Tabla 16

Consumo de gas de los aparatos instalados

Descripción	Cantidad	Consumo unidad			Consumo parcial			Caudal nominal
		W	BTU/h	Kcal/h	W	BTU/h	Kcal/h	m3/h
Estufa 4 quemadores	1	7401	25255	6363	7401	25255	6363	0.66
Horno	1	2227	7600	1915	2227	7600	1915	0.20
Calentador 5.5 lts	1	11003	37550	9461	11003	37550	9461	0.98
Secadora	1	6450	22010	5546	6450	22010	5546	0.58
	$\Sigma =$	27081	92415	23285	27081	92415	23285	2.42

Nota. La tabla muestra el consumo de gas de los aparatos que funcionan o necesitan de dicho elemento y se encuentran en el proyecto Florida Central. Tomado de APÉNDICE J.

3.3.5 Verificación de Cálculos de la Red Contra Incendios

El diseño de la red contraincendios tiene como objetivo principal garantizar la protección efectiva de las edificaciones frente a posibles emergencias por incendio, mediante un sistema hidráulico confiable y conforme a la normativa vigente. Esta sección presenta el proceso de dimensionamiento, selección de componentes y distribución de la red, teniendo en cuenta los requerimientos del proyecto, las condiciones del entorno y los lineamientos establecidos por las normas técnicas aplicables, asegurando su funcionalidad y aprobación por parte de las entidades competentes.

3.3.5.1 Clasificación de la edificación y especificaciones para la categoría.

Inicialmente se clasificó la edificación en función del riesgo con ayuda del capítulo K de la NSR-10 en las categorías mostradas en la tabla 17 y se analizó la ubicación de rociadores, extintores y tomas fijas de agua para bomberos.

Categoría I: Esta categoría comprende las edificaciones con mayor riesgo de pérdidas de vidas humanas o con alta amenaza de combustión.

Categoría II: Esta categoría comprende edificaciones de riesgo intermedio.

Categoría III: Esta categoría comprende edificaciones con baja capacidad de combustión.

Tabla 17

Clasificación del grupo de importancia de la edificación.

Grupos y subgrupos de ocupación	Clasificación	Sección del reglamento
L	Lugares De Reunión	K.27
L-1	Deportivos	
L-2	Culturales Y Teatro	
L-3	Sociales Y Recreativos	
L-4	Religiosos	
L-5	De Transporte	
M	Mixtos Y Otros	K.2.8
P	Alta Peligrosidad	K.2.9
R	Residencial	K.2.10
R-1	Unifamiliar Y Bifamiliar	
R-2	Multifamiliar	
R-3	Hoteles	
T	Temporal	K.2.11

Nota. La tabla muestra los grupos y subgrupos en los que se pueden clasificar las estructuras dependiendo de su ocupación. Adaptado de la NSR-10 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2010).

Florida Central se encuentra en el grupo R de residencial al ser torres de vivienda y en el subgrupo R-2 de Multifamiliar ya que cuenta con más de 3 unidades de vivienda.

Según NSR-10 J.4.3. toda edificación debe disponer de recursos para la extinción del fuego cuyas características dependen del grupo de uso en que se clasifique.

De acuerdo con lo anterior y por estar clasificada dentro de un grupo de ocupación (R-2) residencial multifamiliar, la edificación requiere para la extinción del fuego un sistema de tomas fijas para bomberos y mangueras, y además extintores portátiles, según el numeral J.4.3.8 de la NSR1-10.

Todas las edificaciones clasificadas en el grupo de ocupación residencial R-2 están exentas de la obligación de colocar sistemas de rociadores para la extinción de incendios.

En las edificaciones clasificadas en el grupo de ocupación residencial (R-2) se deben instalar tomas fijas para bomberos de 64mm de diámetro y estaciones de manguera de 38mm de diámetro para la extinción de incendios diseñadas de acuerdo con la última versión del código para suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificaciones, NTC 1669, y como referencia el código para la instalación de sistemas de tuberías verticales y mangueras, NFPA 14.

Toda edificación clasificada en el grupo de ocupación residencial multifamiliar (R-2) debe estar protegida por un sistema de extintores portátiles de fuego, diseñados de acuerdo con la última versión de la norma extintores de fuego portátiles NTC 2885, y como referencia la norma de extintores de fuego portátiles, NFPA 10.

3.3.5.2 Volumen de almacenamiento del sistema de incendios

Se estimó el volumen de reserva contra incendio para el proyecto.

Caudal de Incendio

$$Q_{DISEÑO} = Q_{ROCIADORES} + Q_{MANGUERAS}$$

El tiempo de espera a los bomberos se asume de 30 minutos. $t = 30 \text{ min}$

Volumen de reserva contra incendio

$$V_{INC} = Q * t$$

Como volumen de almacenamiento se tomó el mayor volumen requerido, entre el calculado para los rociadores y para las mangueras.

$$V_{CONTRAINCENDIOS} = MÁX (V_{ROCIADORES} + V_{MANGUERAS})$$

3.3.5.3 Diseño de bomba contra incendios

Una vez calculada la presión mínima a la salida de la bomba y la altura dinámica total de bombeo, se tuvo en cuentas las pérdidas por succión y se diseñó la potencia de la bomba de la misma forma que en la red de gas.

En caso de necesitar rociadores en las zonas comunes o de reunión, el número de estos se calcula como el área máxima de operación de rociadores sobre el área máxima cubierta por cada rociador individual.

3.4 Estimación de presupuestos

3.4.1 Cálculo de Cantidades de Obra

En esta fase, se determinaron las cantidades de obra necesarias para la ejecución del proyecto. Utilizando AutoCAD o Excel, se midieron longitudes, diámetros de tuberías, y se contabilizaron los tipos y cantidades de conexiones. Esta información es fundamental para la planificación y la ejecución eficiente de las obras.

Para el correcto cálculo se debe tener en cuenta las siguientes especificaciones de la estructura y análisis propio de la empresa para los APU:

En el ítem “Tubería PVC 3, 4, 6 u 8” se tienen en cuenta los metros lineales fuera de los apartamentos, ya que el ítem “Salidas sanitarias” de cada aparato incluyen la conexión, el pegante y el tramo de tubería dentro del apartamento.

Los soportes tipo pera se ubican verticalmente cada piso y horizontalmente cada 4 metros para tuberías de 2” a 6”, cada 3 metros si la tubería es de 1” a 1 ¼”.

Los disipadores de energía se ubican cada 3 pisos aproximadamente, por tanto, Florida Central cuenta con 5 disipadores por cada bajante.

El cálculo de los volúmenes de excavación y relleno se da por la longitud, ancho y profundidad de la tubería y cajas enterradas, así:

$$V_{excavación} = L_{tub\ enterrada} * Ancho * Profundidad_{prom.\ cajas}$$

$$V_{Relleno\ granular} = L_{tub\ enterrada} * Ancho * Profundidad_{Relleno\ granular}$$

$$V_{Relleno\ compactado} = V_{excavación} - V_{Relleno\ granular}$$

$$V_{Retiro\ volqueta} = V_{excavación} * C_{expansión} - V_{Relleno\ compactado}$$

Para este proyecto, se tienen las siguientes dimensiones.

L tub enterrada negras = 120.11 m lineales

L tub enterrada lluvias = 243.37 m lineales

Ancho = 0.40 m

Profundidad promedio cajas = 1.50 m

Profundidad de relleno granular o cama de tubería = 0.10 m

Coefficiente de expansión = 1.3

3.4.2 Cálculo del Presupuesto del Proyecto

Se elaboró el presupuesto del proyecto basado en las cantidades de obra previamente calculadas, se determinaron los precios unitarios (APU) de cada componente con ayuda de catálogos del mercado actual o bases de datos con lista de precios de referencia. El presupuesto se confeccionó utilizando herramientas ofimáticas, como Excel[®], para estimar con precisión el costo total del proyecto.

El presupuesto de la red sanitaria del proyecto Florida Central cuenta con el ítem, el tipo de unidad, la cantidad de ítems, el valor unitario y el valor parcial que se da multiplicando el unitario y la cantidad, el valor total de la red mencionada se ve reflejado en la tabla 18.

3.4.3 Validación y Optimización

Una vez completas las fases anteriores, se llevó a cabo una revisión exhaustiva del diseño y del presupuesto. Se realizaron ajustes y optimizaciones necesarias para asegurar que el proyecto cumpla con todas las expectativas técnicas, económicas y normativas.

De la misma forma se repiten los pasos anteriormente descritos para la red hidráulica, de gas y contra incendio.

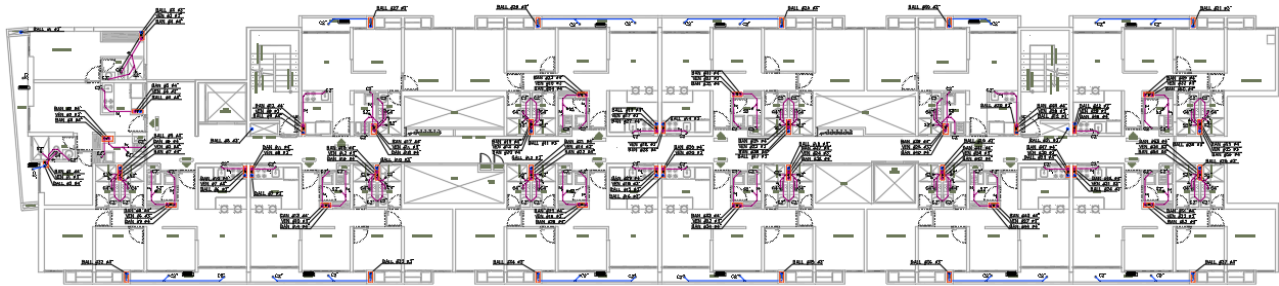
4 Resultados

4.1 Trazado de Redes Hidráulicas, Sanitarias, de Gas Natural y Contra Incendios

El trazado sanitario interno del piso tipo se muestra en una planta perteneciente a la torre 1 del proyecto Florida Central, como aparece en la figura 12.

Figura 12

Trazado sanitario del piso tipo en la torre 1 del proyecto Florida Central

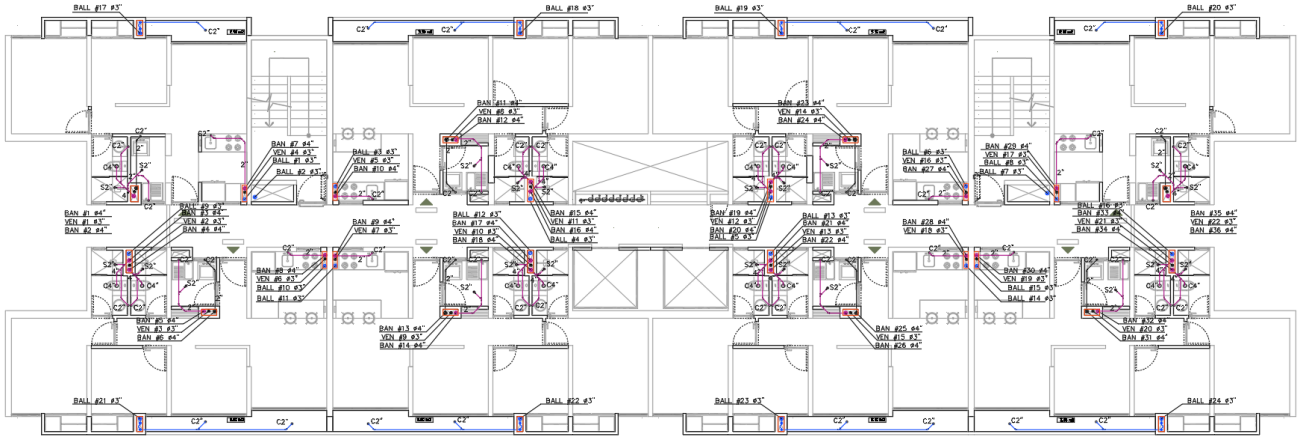


Nota. El gráfico muestra cómo se encuentra diseñado el sistema de redes sanitarias del piso tipo en la torre 1 del proyecto residencial Florida Central.

De igual forma, el trazado sanitario interno del piso tipo se muestra en una planta perteneciente a la torre 2 del proyecto Florida Central, como aparece en la figura 13.

Figura 13

Trazado sanitario del piso tipo en la torre 2 del proyecto Florida Central

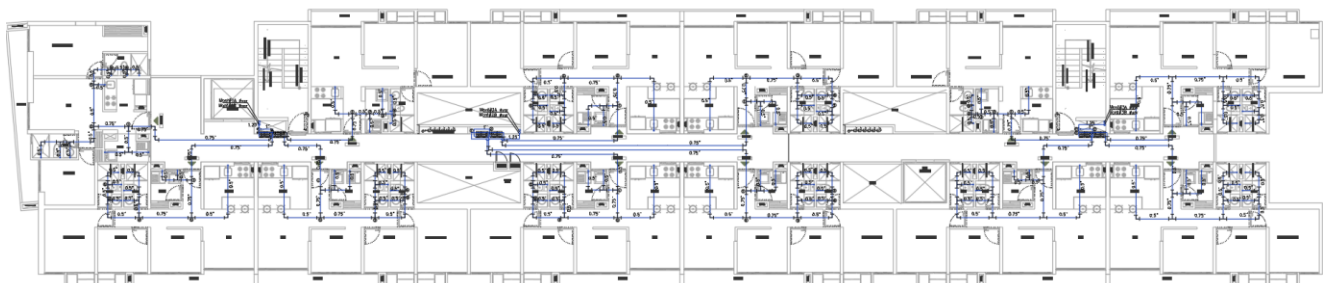


Nota. El gráfico muestra cómo se encuentra diseñado el sistema de redes sanitarias del piso tipo en la torre 2 del proyecto residencial Florida Central.

Como resultado del trazado hidráulico se tiene la planta tipo para la torre 1 con el trazado de la red hidráulica interna, lo que describe la figura 14.

Figura 14

Trazado hidráulico del piso tipo en la torre 1 del proyecto Florida Central

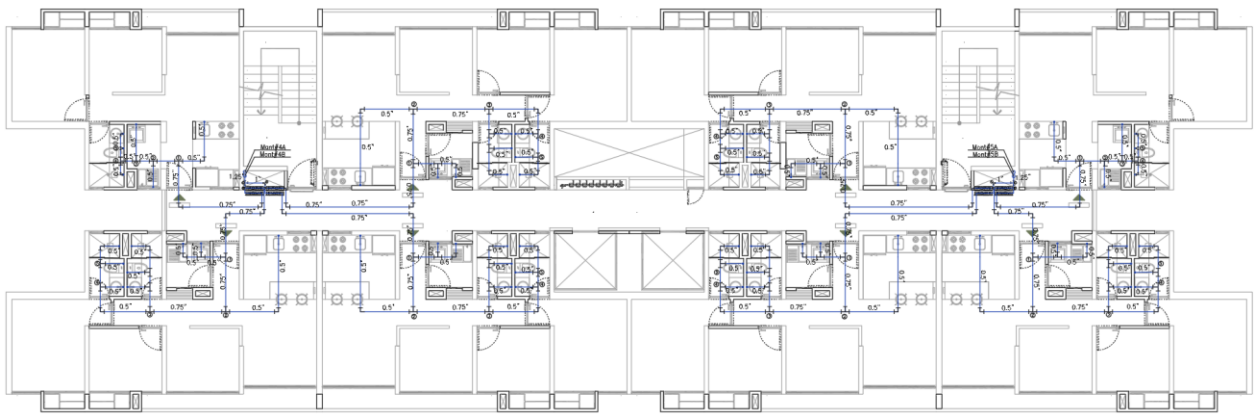


Nota. El gráfico muestra cómo se encuentra diseñado el sistema de redes hidráulicas del piso tipo en la torre 1 del proyecto residencial Florida Central.

El trazado de la red hidráulica interna del piso tipo también se obtiene para la torre 2 del proyecto, como se muestra en la figura 15.

Figura 15

Trazado hidráulico del piso tipo en la torre 2 del proyecto Florida Central

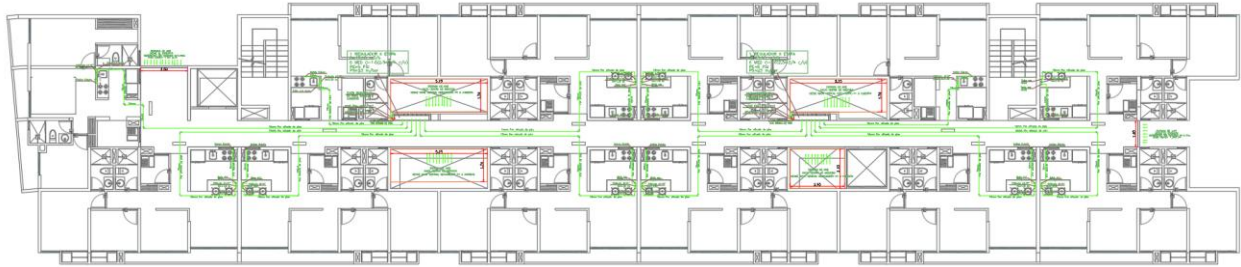


Nota. El gráfico muestra cómo se encuentra diseñado el sistema de redes hidráulicas del piso tipo en la torre 2 del proyecto residencial Florida Central.

La figura 16 detalla el trazado de la red interna de gas en el piso tipo de la torre 1.

Figura 16

Trazado de la red de gas del piso tipo en la torre 1 del proyecto Florida Central

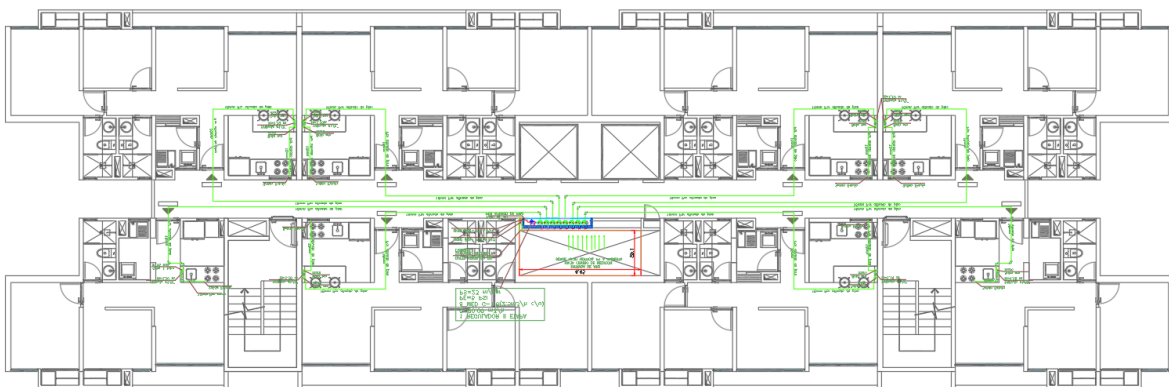


Nota. El gráfico muestra cómo se encuentra diseñado el sistema de redes de gas del piso tipo en la torre 1 del proyecto residencial Florida Central.

La figura 17 detalla el trazado de la red interna de gas en el piso tipo de la torre 2.

Figura 17

Trazado de la red de gas del piso tipo en la torre 2 del proyecto Florida Central

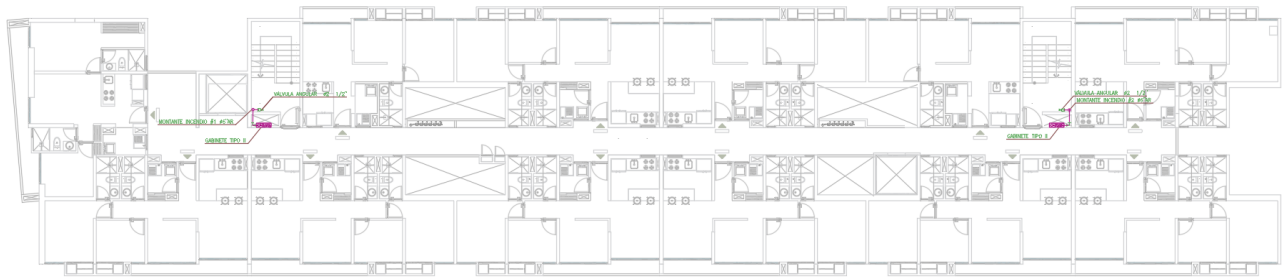


Nota. El gráfico muestra cómo se encuentra diseñado el sistema de redes de gas del piso tipo en la torre 2 del proyecto residencial Florida Central.

Finalmente se obtiene el plano planta del piso tipo para la torre 1 con el trazado de la red contraincendios, la cuál es simple porque en Florida Central al ser un proyecto residencial sólo se ubicaron los gabinetes en cada piso, como se ve en la figura 18.

Figura 18

Trazado de la red contra incendios del piso tipo en la torre 1 del proyecto Florida Central

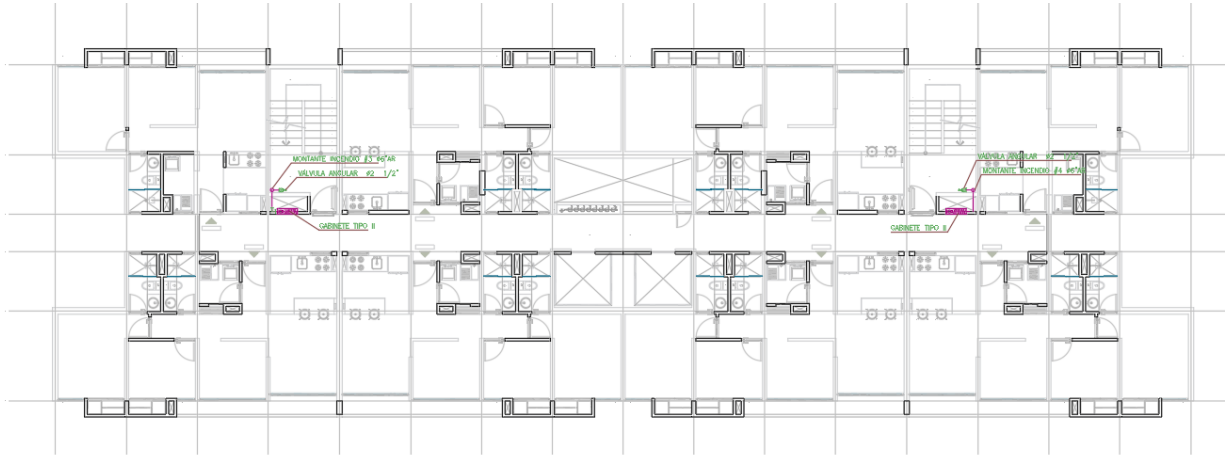


Nota. El gráfico muestra cómo se encuentra diseñado el sistema de redes contra incendios del piso tipo en la torre 1 del proyecto residencial Florida Central.

La figura 19 cuenta a su vez con el trazado interno de la red contraincendios en plano planta para la torre 2.

Figura 19

Trazado de la red contra incendios del piso tipo en la torre 2 del proyecto Florida Central



Nota. El gráfico muestra cómo se encuentra diseñado el sistema de redes contra incendios del piso tipo en la torre 2 del proyecto residencial Florida Central.

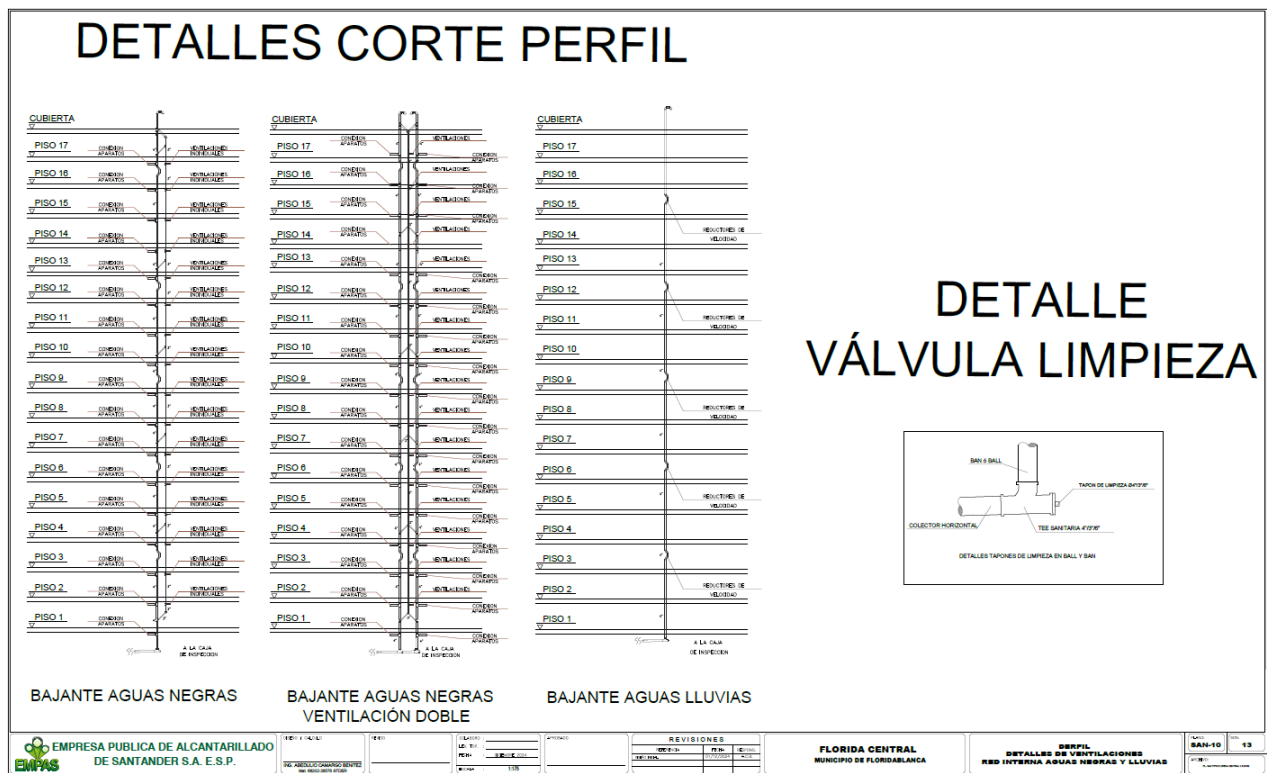
4.2 Generación de planos constructivos

El principal entregable en un proyecto son los planos constructivos, pues estos son los usados por el personal en obra para la implementación del diseño realizado previamente, por tanto, deben ser fáciles de leer, contener las convenciones correctas y toda la información relevante para la construcción de las redes, su presentación debe ser impecable y es importante generarlos en la escala correcta para permitir su visualización. Hay tres tipos de planos en el proyecto Florida Central, plantas, perfiles y detalles, de esta forma se da claridad de todo el diseño de las redes.

La figura 21 representa el perfil de la red, donde se puede detallar la configuración de la tubería vertical y su sistema de ventilación.

Figura 21

Plano perfil del proyecto Florida Central



Nota. El gráfico muestra un ejemplo de plano de perfil que detalla los bajantes de aguas negras, lluvias y su respectiva ventilación, acorde a el proyecto residencial Florida Central.

La figura 22 es un plano de detalles que corresponde a las medidas, especificaciones y toda la información detallada de los pozos de inspección sanitarios pertenecientes a la red de alcantarillado.

Figura 22

Plano de detalles del proyecto Florida Central



Nota. El gráfico muestra un ejemplo de plano de detalles sanitarios, en este caso los detalles de los pozos de inspección para alcantarillado pluvial del proyecto residencial Florida Central.

4.3 Dimensionamiento de las redes

Los resultados pertenecientes al dimensionamiento de las redes fueron los diámetros de la tubería interna y externa que cumplen todos los parámetros y solicitudes según el caudal a transportar, dichos diámetros pueden ser revisados en las memorias de diseño de los apéndices F a K.

La red hidráulica cuenta con un sistema de bombeo para la distribución del agua en todos los niveles de la edificación que concluyó en las especificaciones dadas en la figura 23.

Figura 23

Resumen de especificaciones del equipo de bombeo.

ESPECIFICACIÓN EQUIPO DE BOMBEO CONSUMO	
FLORIDA CENTRAL	
-Usar sistema con variadores de velocidad	
-Usar un variador de velocidad por cada motobomba	
1. Equipo de presión constante:	
Usar 1 unidad(es) de	300.00 Its c/u
P _{mín} =	104.29 psi = 73.00 mca
P _{máx} =	124.29 psi = 87.00 mca
2. Motobombas:	
- Caudal de bombeo total =	24.17 lps
-Fraccionamiento motobombas :	50-50-50
- Usar 3 unidades con las	siguientes características
- En funcionamiento:	2.0 Unidad(es)
-En Stand By:	1.0 Unidad(es)
- La suma de los caudales de las dos bombas debe garantizar el Caudal de bombeo total	
-Características de cada Motobomba:	
QB=	12.08 lps = 191.54 GPM
HDB=	76.7 m
Potencia teorica =	23.4 HP
Ø succión =	4.0 "
Ø impulso =	6.0 "

Nota. El gráfico muestra las especificaciones concluidas en el sistema de bombeo del proyecto Florida Central, el cual incluye variadores de velocidad, número de motobombas y sus características.

Las especificaciones de equipos de la red contraincendios según el diseño y la NFPA 101, es que los rociadores serán de respuesta rápida (pulverizadores) con las siguientes características.

Se recomienda usar rociadores tipo Pendent.

K Factor para cálculo de presión y caudales = 5.6

Temperatura de acción = 68 °C

Bulbo color rojo, listados UL, aprobación FM

4.4 Cálculo del presupuesto del proyecto

La tabla 18 corresponde a el análisis de precios unitarios con las cantidades calculadas.

Tabla 18

Cantidades y presupuesto de obra sanitario.

Presupuesto De Obra - Formulario De Cantidades De Obra Y Precios						
Proyecto: Obra Redes Sanitarias Florida Central Torre 1 Y 2			V.1	Fecha: DICIEMBRE 2024		
Ítem	Nombre de Ítem	Und	Cant	Valor unitario	Valor parcial	
1,00	Red Sanitaria Aguas Negras Y Ventilaciones					
1,01	Salida sanitaria sanitario 4"	und	606,00	\$	114.127	\$ 69.160.962
1,02	Salida sanitaria lavam-lavap-lavad-lavadra 2"	und	1617,00	\$	85.282	\$ 137.900.994
1,03	Salida sanitaria sifón de piso de 2"	und	943,00	\$	82.614	\$ 77.905.002
1,04	Disipadores de energía bajantes 4"	und	460,00	\$	113.800	\$ 52.348.000
1,05	Tubería PVCS 4"	ml	5053,28	\$	32.533	\$ 164.398.358
1,06	Tubería PVCS 6"	ml	80,00	\$	61.831	\$ 4.946.480
1,07	Tubería PVCS 8"	ml	120,00	\$	106.229	\$ 12.747.480
1,08	Soporte tipo pera 4"	und	1263,32	\$	24.893	\$ 31.447.825

Continuación Tabla 18.

Presupuesto De Obra - Formulario De Cantidades De Obra Y Precios						
Proyecto: Obra Redes Sanitarias Florida Central			V.1		Fecha: DICIEMBRE 2024	
Torre 1 Y 2						
Ítem	Nombre de Ítem	Und	Cant	Valor unitario		Valor parcial
1,09	Soporte tipo pera 6"	und	20,00	\$	31.697	\$ 633.940
1,10	Soporte tipo pera 8"	und	30,00	\$	40.191	\$ 1.205.730
1,11	Caja de inspección 0,80*0,80	und	60,00	\$	607.006	\$ 36.420.360
1,12	Excavación común en conglomerado a mano	m3	72,07	\$	46.542	\$ 3.354.096
1,13	Relleno en material granular	m3	4,80	\$	156.330	\$ 751.072
1,14	Relleno compactado con material común	m3	67,26	\$	46.605	\$ 3.134.727
1,15	Retiro de sobrantes en volqueta	m3	26,42	\$	44.139	\$ 1.166.338
Subtotal						\$ 597.521.363
2,00	Ventilaciones					
2,01	Salida de ventilación 2"	und	990	\$	57.018	\$ 56.447.820
2,02	Tubería PVCV 4"	ml	2823,7	\$	20.339	\$ 57.431.234
2,03	Soporte tipo pera 4"	und	705,925	\$	24.893	\$ 17.572.591
Subtotal						\$ 131.451.645
3,00	Red Sanitaria Aguas Lluvias					
3,01	Salida sanitaria sifón de piso de 2"	und	0,00	\$	64.237	\$ -
3,02	Salida sanitaria sifón de piso de 3"	und	180,00	\$	85.106	\$ 15.319.080
3,03	Tubería PVCS 3"	ml	3731,74	\$	18.526	\$ 69.134.215
3,04	Tubería PVCS 4"	ml	270,00	\$	25.048	\$ 6.762.960
3,05	Tubería PVCS 6"	ml	200,00	\$	46.369	\$ 9.273.800
3,06	Tubería PVCS 8"	ml	50,00	\$	106.229	\$ 5.311.450
3,07	Disipadores de energía bajantes 3"	und	305,00	\$	84.195	\$ 25.679.475
3,08	Soporte tipo pera 3"	und	932,94	\$	21.646	\$ 20.194.311
3,09	Soporte tipo pera 4"	und	67,50	\$	24.893	\$ 1.680.278
3,10	Soporte tipo pera 6"	und	50,00	\$	31.697	\$ 1.584.850
3,11	Sistema de bombeo eyector	und	1,00	\$	8.330.000	\$ 8.330.000
3,12	Tubería 10"-250mm PVCR	ml	94,00	\$	69.113	\$ 6.496.622
3,13	Pozo de inspección D=1.20 Hm= 1.5	und	2,00	\$	5.651.681	\$ 11.303.362
3,14	Excavación común en conglomerado a mano	m3	146,02	\$	46.542	\$ 6.796.156
3,15	Relleno en material granular	m3	9,73	\$	156.330	\$ 1.521.841
3,16	Relleno compactado con material común	m3	136,29	\$	46.605	\$ 6.351.665
3,17	Retiro de sobrantes en volqueta	m3	53,54	\$	44.139	\$ 2.363.264
Subtotal						\$ 198.103.329
Valor total costos directos de obra instalaciones sanitarias						\$ 927.076.337

Nota. La tabla muestra el análisis de precios unitarios de la red sanitaria, con cantidades de obra para una estimación inicial de presupuesto.

5 Conclusiones

Se logró desarrollar de manera efectiva el dimensionamiento y la estimación de presupuestos de los sistemas hidráulicos, de alcantarillado, gas natural y contraincendios en los proyectos urbanísticos asignados dentro de la empresa Construingeniería SAS. Este proceso se llevó a cabo cumpliendo con la normativa técnica vigente y los estándares de presentación exigidos, lo que permitió garantizar la calidad de los diseños y facilitar su correcta gestión y aprobación tanto en las oficinas internas como ante entidades externas.

El análisis detallado de los planos arquitectónicos permitió comprender la distribución del proyecto y los requerimientos específicos del cliente, facilitando un trazado eficiente de las redes de tubería. Este proceso garantizó la integración adecuada de los sistemas hidráulicos, sanitarios y de gas dentro del diseño general de la edificación.

El desarrollo de habilidades en el trazado de redes hidráulicas contribuyó a garantizar la correcta planificación de los sistemas, cumpliendo con las normativas vigentes y las exigencias del proyecto, a su vez que la aplicación de estos conocimientos fortalece la capacidad profesional para diseñar soluciones funcionales y seguras en instalaciones de suministro y desagüe.

La modificación de memorias de diseño permitió mejorar la precisión y coherencia del diseño y los documentos técnicos, aplicando los conceptos adquiridos en la carrera e investigaciones complementarias. Esto aseguró además la correcta documentación de los cálculos y parámetros empleados en las redes de suministro, desagüe y gas, optimizando la comunicación técnica dentro del proyecto.

La estimación de cantidades de materiales y costos unitarios facilitó una planificación eficiente de los recursos, optimizando la gestión y reduciendo posibles desperdicios. Este análisis contribuyó a una toma de decisiones fundamentada, permitiendo ajustes estratégicos que beneficiaron la viabilidad económica y operativa del proyecto.

La realización de la práctica empresarial en Construingeniería SAS permitió aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación académica en ingeniería civil, fortaleciendo habilidades técnicas y administrativas en el diseño y trazado de redes hidráulicas, sanitarias, de gas y contraincendios.

Otro aspecto relevante fue la adquisición de experiencia en el trabajo colaborativo dentro del equipo de ingeniería, permitiendo desarrollar habilidades de comunicación efectiva y toma de decisiones en entornos reales de proyectos de construcción. Se logró un acercamiento directo con los procesos constructivos, evidenciando la relación entre diseño y ejecución en obra.

6 Recomendaciones

Se recomienda establecer procedimientos y plantillas estandarizadas para la realización de trazados y diseños de las redes. Esto permitirá asegurar consistencia, mejorar la calidad y facilitar la comunicación entre los equipos de trabajo. La estandarización de estos procesos también optimiza los tiempos de ejecución y reduce el riesgo de errores durante la planificación y construcción de los proyectos.

Es importante que CONSTRUINGENIERÍA SAS tenga en cuenta la incorporación de software especializado como Revit® o herramientas BIM (Building Information Modeling) para el diseño y simulación de las redes hidráulicas, sanitarias y de gas. Estas tecnologías permiten visualizar de manera más precisa los sistemas dentro del contexto arquitectónico del proyecto, identificar posibles interferencias, y realizar modificaciones rápidas y efectivas, mejorando la precisión y tiempo del trabajo.

Mantenerse actualizado en normativas vigentes dado que las regulaciones técnicas evolucionan constantemente, es fundamental revisar y aplicar las últimas disposiciones en diseño de redes hidráulicas, sanitarias, de gas y contra incendios.

Fomentar la integración entre diseño y ejecución, la coordinación efectiva entre los diseñadores y el personal de obra es clave para evitar imprevistos y garantizar que los diseños se materialicen correctamente en campo.

Referencias Bibliográficas

- De la Cruz Camayo, H., & Rojas Catillo, A. M. (2022). *Análisis y evaluación experimental de la ecuación lineal de Renouard para la caída de presión en flujo de gases*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/9053>
- Design of Drainage Conveyances. (2018). *Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems*, 225-326. <https://doi.org/10.1061/9780872628557.ch08>
- ElEconomista, E. (s. f.). *Construingenieria S A S - Empresite*. Empresite Colombia - Buscador de Empresas y Negocios de Colombia. Recuperado 24 de marzo de 2025, de <https://empresite.eleconomistaamerica.co/Construingenieria-LTDA.html>
- EMPAS. (2023). Manual para el cálculo de alcantarillado. 23 AGOSTO 2021, 01. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://www.empas.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/maed-03-01-manual-para-el-calculo-de-alcantarillados.pdf>
- Gas Natural Fenosa. (2011). *Diseño de instalaciones para suministro de gas de uso residencial y comercial*.
- Gestión del Agua Lluvia. (s. f.). *CASA Colombia*. Recuperado 26 de marzo de 2025, de <https://casa.cccs.org.co/post-lineamientos/gestion-de-la-escorrentia/>
- Google Maps. (s. f.). Google Maps. Recuperado 1 de abril de 2025, de <https://www.google.com/maps/place/>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2023). *NTC 1500:2023. Instalaciones hidráulicas y sanitarias*. ICONTEC. <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=103753>

- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2010). *Norma Sismo Resistente NSR-10*. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf](https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf)
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS*.
- Morales Rodríguez, C. A. (2022). “*Montaje del sistema de agua contra incendios para la tienda plaza vea caminos del inca-Santiago de Surco—Lima*”. <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/7079>
- Neyra Rodríguez, J. L. (2021). *Implementación y comparativa de una red interna para gas natural entre tuberías de Pealpe y tuberías de cobre en instalaciones residenciales*. <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6209>
- Olivera Ricardo, C. P. (2023, febrero 23). *Qué es el Policloruro de vinilo clorado (CPVC)* [Blog]. Corzan Material and Piping Solutions. <http://www.corzan.com/es-mx/que-es-el-policloruro-de-vinilo-clorado>
- Programa BMCV. (2024). *Informes de Calidad de Vida*. Bucaramanga Metropolitana Cómo Vamos. <https://www.bucaramangacomovamos.org/informesdecalidaddevida>
- Ramírez, F. (2022). *Empleo de la metodología del gradiente hidráulico para la solución de redes cerradas de distribución de fluidos incompresibles por medio de Matlab* [UNAM]. ru.dgb.unam.mx
- Sánchez Herrera, J. S. (2019). *Consideraciones para el diseño y la construcción de la red hidráulica de una edificación*.

<https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/959/S%C3%A1nchez%20?sequence=1>

Vanguardia. (2023, octubre 8). *Población del área metropolitana de Bucaramanga creció 11,9 % en los últimos años*. www.vanguardia.com. <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/2023/10/08/poblacion-del-area-metropolitana-de-bucaramanga-crecio-119-en-los-ultimos-anos/>

Apéndices

Apéndice A. PLANOS SANITARIOS GENERALES DE FLORIDA CENTRAL

Apéndice B. PLANOS DETALLES SANITARIOS DE FLORIDA CENTRAL

Apéndice C. PLANOS HIDRÁULICOS GENERALES DE FLORIDA CENTRAL

Apéndice D. PLANOS RED DE GAS DE FLORIDA CENTRAL

Apéndice E. PLANOS RED DE INCENDIOS DE FLORIDA CENTRAL

Apéndice F. MEMORIA DE DISEÑO SANITARIO INTERNO

Apéndice G. MEMORIA DE DISEÑO PLUVIAL INTERNO

Apéndice H. MEMORIA DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

Apéndice I. MEMORIA DE DISEÑO HIDRÁULICO

Apéndice J. MEMORIA DE DISEÑO DE GAS

Apéndice K. MEMORIA DE DISEÑO DE INCENDIOS