

Auxiliar de Ingeniería en CAC construcciones y diseños S.A.S. para la Elaboración de Diseños Hidráulicos, Sanitarios y Pluviales de una Futura Urbanización en el Proyecto Central Park, Municipio Socorro, Santander.

Andrés Felipe Rivera Cuadros

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

Doctor en Ingeniería, Énfasis Ingeniería Sanitaria y Ambiental

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2025

Agradecimientos

Ante todo, agradecerle a Dios por haberme guiado en este camino y hacer posible cumplir un objetivo más lleno de muchas bendiciones y éxitos.

Mis más sinceros agradecimientos a mis familiares que con su infaltable acompañamiento y su amor incondicional son los principales participes de este logro.

Agradecimientos al director de proyecto, Pdh. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña y tutora, Ing. María Catalina Ardila Chacón por su buena disposición y orientación en el presente proyecto.

Un agradecimiento muy especial a la empresa CAC construcciones y diseños S.A.S por permitirme realizar las prácticas empresariales en sus instalaciones y haberme brindado las valiosas herramientas para culminar este camino.

Tabla de Contenido

Introducción	9
1. Objetivos	10
1.1 Objetivo general	10
1.2 Objetivo Específicos	10
2. Marcos de Referencia	11
2.1 Marco Teórico	11
2.1.1 Red de distribución de agua potable	11
2.1.2 Red sanitaria	11
2.1.3 Red pluvial.....	12
2.1.4 Aspectos a tener en cuenta en proyectos de agua y saneamiento	12
2.2 Marco legal.....	13
2.2.1 CAC construcciones y diseños S.A.S	13
3. Desarrollo de la práctica	14
3.1 Gestión y recopilación de la información del proyecto	14
3.2 Trazado de las redes.....	17
3.2.1 Alcantarillado sanitario.....	18
3.2.2 Alcantarillado pluvial	20
3.2.3 Red de distribución de agua potable.....	17
3.3 Verificación de parámetros de las redes de distribución	21
3.3.1 Red de distribución de agua potable.....	21
3.4 Verificación de parámetros de las redes de alcantarillado.....	28
3.4.1 Alcantarillado	28
3.4.2 Alcantarillado pluvial	32
3.4.3 Alcantarillado sanitario.....	35
3.5 Elaboración presupuesto	41
4. Conclusiones	43
5. Recomendaciones.....	44
Referencias Bibliográficas.....	45
Apéndice	47

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Valores del coeficiente de rugosidad de Manning para varios materiales.....	22
Tabla 2 Valores mínimos permisibles de velocidad media y fuerza atractiva	24
Tabla 3 Valores máximos permisibles de velocidad media en los conductos	24
Tabla 4 Ángulos máximos permisibles de intersección entre colectores sin caída en la estructura-pozo.....	25
Tabla 5 Coeficiente de impermeabilidad.....	26
Tabla 6 Periodos de retorno recomendados según el grado de protección del sistema	27
Tabla 7 Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona de estudio	30
Tabla 8 Aportes por conexión errada	32
Tabla 9 Aportes por infiltración en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales.....	33
Tabla 10 Estimación caudal etapa 1	35
Tabla 11 Estimación caudal etapa 2.....	35
Tabla 12 Especificaciones técnicas equipo de bombeo	40
Tabla 13 Presupuesto a todo costo redes de alcantarillado y red de distribución de agua potable del proyecto Central park.....	35

Lista de Figuras

Figura 1 Topografía terreno natural	16
Figura 2 Implantación de la urbanización Central park.....	16
Figura 3 Diseño vial	17
Figura 4 Trazado red de alcantarillado sanitario	18
Figura 5 Perfil longitudinal red de alcantarillado sanitario	19
Figura 6 Trazado red de alcantarillado pluvial.....	20
Figura 7 Trazado red de distribución de agua potable.....	21
Figura 8 Red de distribución etapa 1 modelada en Epa Net	39
Figura 9 Red de distribución etapa 2 modelada en Epa Net	40

Apéndices

pág.

Apéndice A. Contenido del trabajo de grado 53

Resumen

Título: Auxiliar de Ingeniería en CAC construcciones y diseños S.A.S. para la Elaboración de Diseños Hidráulicos, Sanitarios y Pluviales de una Futura Urbanización en el Proyecto Central Park, Municipio Socorro, Santander*

Autor: Andrés Felipe Rivera Cuadros**

Palabras Clave: Diseño, red hidráulica, red sanitaria, red de distribución de agua potable, alcantarillado, cantidades de obra, Presupuesto.

Descripción: El presente trabajo de grado tiene como objetivo documentar el proceso y los resultados de la práctica empresarial realizada en la empresa CAC Construcciones y Diseños S.A.S. como auxiliar de ingeniería. Durante esta experiencia, se brindó apoyo en el diseño de las redes de alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial y red de distribución de agua potable para el proyecto Central Park, una urbanización con una extensión de 27 hectáreas que incluye un total de 884 lotes.

Las actividades realizadas incluyeron la revisión y análisis de la topografía del terreno para determinar el trazado adecuado de las redes, el cálculo de los diámetros y pendientes de las tuberías, y la selección de materiales y accesorios requeridos. También se efectuaron inspecciones técnicas y simulaciones hidráulicas para validar el diseño de las redes de alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial y distribución de agua potable. Estas tareas culminaron en la elaboración de cálculos detallados de cantidades de obra, esenciales para preparar el presupuesto a todo costo de las distintas redes. Como productos finales, se generaron memorias de cálculo en Microsoft Word, donde se describió minuciosamente el proceso de diseño siguiendo la normativa vigente. Los cálculos técnicos se realizaron utilizando el software Walcan y Microsoft Excel, garantizando precisión y claridad en los resultados. Asimismo, se desarrollaron planos detallados que cumplen con las especificaciones técnicas y los requisitos establecidos por las entidades regulatorias competentes, lo cual facilitó la aprobación de los diseños. Esta experiencia reafirmó la importancia de una planificación técnica rigurosa y detallada, que no solo asegura la viabilidad de los proyectos, sino también la optimización de recursos y el cumplimiento de los estándares de calidad exigidos.

*Trabajo de Grado *

* Facultad de Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Edgar Ricardo Oviedo Ocaña
Doctor en Ingeniería, Énfasis Ingeniería Sanitaria y Ambiental

Abstract

Title: Engineering Assistant at CAC Construcciones y Diseños S.A.S. for the Preparation of Hydraulic, Sanitary and Rainwater Designs for a Future Urbanization in the Central Park Project, Socorro Municipality, Santander*

Author(s): Andrés Felipe Rivera Cuadros**

Keywords: Design, hydraulic network, sanitary network, drinking water distribution network, sewage, work quantities, Budget.

DESCRIPTION: The purpose of this thesis is to document the process and results of the business internship carried out at the company CAC Construcciones y Diseños S.A.S. as an engineering assistant. During this experience, support was provided in the design of the sanitary sewer, storm sewer and drinking water distribution networks for the Central Park project, a development with an area of 27 hectares that includes a total of 884 lots.

The activities carried out included the review and analysis of the terrain's topography to determine the appropriate layout of the networks, the calculation of the diameters and slopes of the pipes, and the selection of required materials and accessories. Technical inspections and hydraulic simulations were also carried out to validate the design of the sanitary sewer, storm sewer and drinking water distribution networks. These tasks culminated in the preparation of detailed calculations of the quantities of work, essential for preparing the budget at all costs of the different networks. As final products, calculation reports were generated in Microsoft Word, where the design process was described in detail following the current regulations. The technical calculations were carried out using Walcan software and Microsoft Excel, guaranteeing precision and clarity in the results. In addition, detailed plans were developed that comply with the technical specifications and requirements established by the competent regulatory entities, which facilitated the approval of the designs. This experience reaffirmed the importance of rigorous and detailed technical planning, which not only ensures the viability of the projects, but also the optimization of resources and compliance with the required quality standards.

* Degree Work

* School of Physic mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Edgar Ricardo Oviedo Ocaña Doctor in Engineering, Emphasis Sanitary and Environmental Engineering

Introducción

CAC construcciones y diseños S.A.S. fundada en 2019, comenzó realizando la construcción, interventoría y diseños hidráulicos, sanitarios y pluviales de diferentes proyectos de infraestructura en el departamento de Santander. En este contexto, es importante destacar que CAC construcciones y diseños S.A.S. ((*C A C Construcciones Y Diseños S A S*, s. f.)) se desenvuelve en un sector económico que tiene un gran impacto en la sociedad colombiana. Esta relevancia del sector hace que la eficiencia constructiva sea crucial para mantener y optimizar los recursos hídricos y garantizar el desarrollo sostenible y la preservación de los ecosistemas (Vélez et al., s. f.).

El crecimiento poblacional y económico del municipio Socorro ha sido muy notable en los últimos años, con la población aumentando de 28000 a 35000 habitantes entre 2010 y 2024 (*DANE - Demografía y población*, s. f.), este crecimiento ha impulsado la necesidad de la construcción de nuevas urbanizaciones para soportar el aumento de la demanda habitacional y de servicios básicos.

La futura urbanización denominada Central Park no solo responde al aumento poblacional, sino que también contribuye al desarrollo sostenible de municipio Socorro ((*DANE - Demografía y población*, s. f.)). La implementación de sistemas hídricos eficientes asegura un suministro constante de agua potable, mientras que los sistemas sanitarios y pluviales gestionan adecuadamente las aguas residuales y pluviales minimizando el impacto ambiental y garantizando una mejor calidad de vida para la población.

El alcance total de esta práctica dentro de CAC construcciones y diseños S.A.S comprende el apoyo en el diseño de las redes de distribución de agua potable, alcantarillado sanitarias y pluviales de Central Park; adicionalmente se sacaron cantidades de obra y presupuesto implementando herramientas de software que permitan la modelación y simulación, automatizando los procesos, facilitando el análisis y la toma de decisiones desde la etapa inicial del proyecto.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Apoyar como auxiliar de ingeniería en la empresa CAC construcciones y diseños S.A.S. en el diseño hidráulico de redes de distribución de agua potable y redes de alcantarillado sanitario y pluvial del proyecto Central Park (Socorro).

1.2 Objetivo Específicos

Proponer el trazado de las redes de distribución para los sistemas hidráulico, sanitario y pluvial del área de estudio.

Verificar diámetros, pendientes, caudales, presiones, accesorios y otras consideraciones necesarias para los sistemas hidráulico, sanitario y pluvial del área de estudio.

Elaborar el presupuesto detallado para la adquisición de tuberías, accesorios y pozos, así como para la ejecución de las obras de instalación de los sistemas hidráulico, sanitario y pluvial del proyecto.

2. Marcos de Referencia

Este capítulo expone los conceptos y las variables clave relacionadas con el desarrollo de la práctica en la empresa OSN Construcciones.

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Red de distribución de agua potable

La red hidráulica es el sistema encargado del suministro de agua potable desde un tanque de almacenamiento o una fuente natural hasta las viviendas de los usuarios en una ciudad, pueblo o área rural. Estas redes de distribución incluyen, la red principal y las redes de distribución. La red principal transporta el agua desde las plantas de tratamiento hasta los tanques de almacenamiento, mientras que las redes de distribución transportan el agua desde los tanques de almacenamiento hasta los puntos de consumo final mediante equipos de presión. Estas redes están compuestas por diversas componentes como lo son tuberías, bombas, válvulas y otros accesorios que conforman un sistema integral, diseñado para garantizar un suministro seguro y continuo de agua potable, de acuerdo con la demanda de la población(*resolucion-0330-2017.pdf*, s. f.).

2.1.2 Red sanitaria

La red sanitaria se encarga de transportar las aguas residuales domésticas e industriales desde los edificios hasta las plantas de tratamiento de aguas residuales o puntos de vertimiento final. Esta red está compuesta por una serie de componentes clave que incluyen tuberías, estaciones de bombeo, y estructuras de acceso como los pozos de inspección. Los sistemas de alcantarillado sanitario transportan el agua residual mediante flujo libre a gravedad, aunque en algunas zonas se utilizan estaciones de bombeo para elevar las aguas residuales a mayores altitudes cuando es necesario(*resolucion-0330-2017.pdf*, s. f.).

2.1.3 Red pluvial

La red pluvial está diseñada para recolección y transporte de las aguas lluvia, evitando inundaciones y daños en las infraestructuras. Esta red recoge el agua de superficies impermeables como techos, calles y estacionamientos, y la transporta a cuerpos de agua naturales como ríos y lagos, sin pasar por un tratamiento previo (*resolucion-0330-2017.pdf*, s. f.).

2.1.4 Aspectos a tener en cuenta en proyectos de agua y saneamiento

2.1.4.1 Procesos de planificación

El Grupo de Procesos de Planificación, según el Project Management Institute (PMI), es fundamental en la gestión de proyectos, ya que establece el alcance total del esfuerzo, define y refina los objetivos, y desarrolla la línea de acción requerida para alcanzarlos. Este grupo traza la estrategia y las tácticas necesarias para completar con éxito el proyecto o fase, incluyendo procesos como desarrollar el plan para la dirección del proyecto, planificar la gestión del alcance, recopilar requisitos, definir el alcance, crear la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT), planificar la gestión del cronograma, entre otros (PMI, 2017).

2.1.4.2 Memoria de cantidades

La memoria de cantidades es un documento técnico que detalla la cantidad exacta de cada uno de los materiales y recursos necesarios para la ejecución de un proyecto de construcción. Esta memoria permite elaborar presupuestos precisos y facilita el control durante la obra, ya que sirve de base para medir el avance físico y financiero del proyecto. (Gómez & Martínez, 2015, p. 134)

2.1.4.3 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas son documentos esenciales que detallan los requisitos

cualitativos y cuantitativos necesarios para los materiales, métodos de construcción y desempeño de una obra. Su correcta redacción es fundamental para asegurar que los proyectos se ejecuten conforme a los estándares establecidos y se cumplan con las expectativas del cliente y las normativas aplicables (Kalin et al., 2011, p. 78).

2.1.4.4 Planos

Los planos son representaciones gráficas esenciales que comunican información sobre el diseño, la estructura y los detalles constructivos de un proyecto. Estos documentos incluyen una variedad de tipos, como planos de planta, cortes, elevaciones y detalles, cada uno proporcionando información específica sobre las dimensiones, materiales, y la disposición espacial de los elementos de la construcción (Ching, 2015, p. 102)

2.2 Marco legal

2.2.1 CAC construcciones y diseños S.A.S

CAC Construcciones y diseños es una empresa dedicada a la ingeniería y otras actividades conexas de diseño modelamiento y construcción de redes para la prestación de servicios públicos bajo metodología BIM. De igual manera desarrolla actividades relacionadas con la construcción de obras de ingeniería civil, proyectos de servicio público, alcantarillado y acueductos. Se encuentra ubicada en la ciudad de Bucaramanga y fue fundada el 02 de enero de 2019. También cuenta con valores corporativos de cumplimiento, profesionalismo y perfección (*C A C Construcciones Y Diseños S A S*, s. f.).

2.2.1.1 Misión

Ofrecemos a nuestros clientes, productos y servicios relacionados con el sector de la construcción, la tecnología, formulación, evaluación y gerencia de proyectos en todo el departamento de Santander. Como empresa brindamos un alto nivel de calidad, responsabilidad

social y cumplimiento de todas las normas y requisitos, legales, técnicos y reglamentarios basados siempre en la excelencia y el reconocimiento de todos los programas, planes y proyectos que se participe o ejecuten. Nos distinguimos por ser visionarios, innovadores y comprometidos con la calidad del producto, apoyados siempre en nuestro valioso talento humano ((C A C Construcciones Y Diseños S A S, s. f.)).

2.2.1.2 Visión

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

3. Desarrollo de la práctica

3.1 Gestión y recopilación de la información del proyecto

Como fase inicial, se obtuvo la información general del proyecto por el propietario (HG constructora) a la empresa (CAC construcciones y diseños S.A.S).

Nombre del proyecto: Central Park.

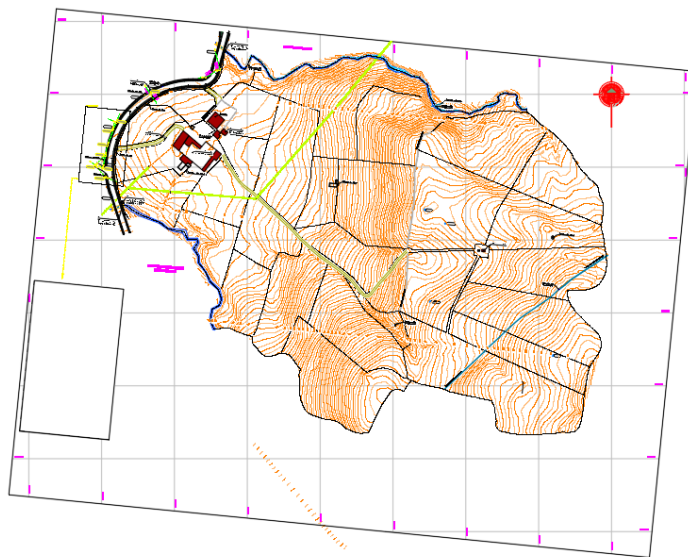
Ubicación: Socorro – Santander.

El proyecto contempla la construcción de una urbanización de aproximadamente 27 hectáreas, compuesta por 884 lotes, cada uno con un área de 90 m². En las tres primeras ilustraciones se presenta información clave proporcionada por la empresa HG Constructora, la cual resulta esencial para la elaboración de los diversos diseños del proyecto.

La topografía detallada del terreno es un elemento crucial que permite analizar la

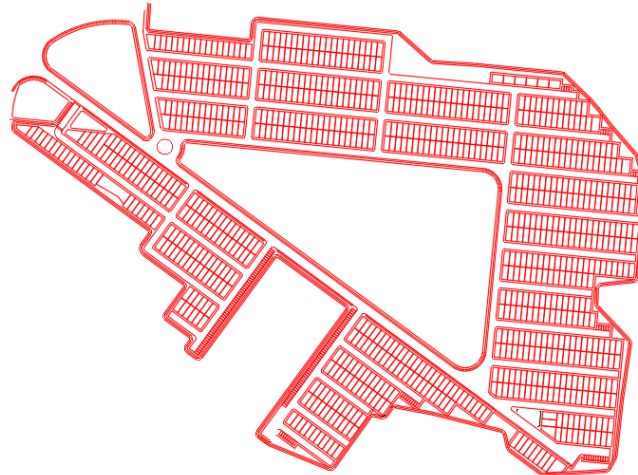
geografía y morfología del área de estudio (ver figura 1). Este análisis es fundamental para garantizar que el trazado de las redes y la infraestructura proyectada se adapte de manera eficiente a las características topográficas, asegurando la viabilidad técnica y la sostenibilidad del diseño.

Figura 1 Topografía del terreno natural



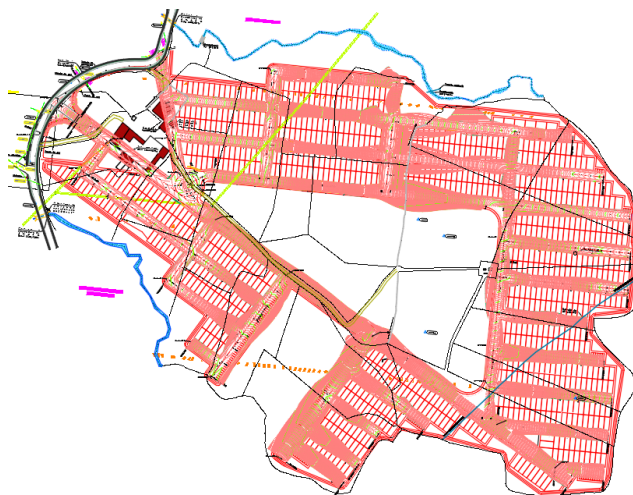
La implantación de la urbanización muestra la distribución de las áreas destinadas para viviendas, zonas verdes, vías y espacios comunes (ver figura 2). Este plano es esencial para coordinar el diseño de los sistemas de distribución de agua potable, alcantarillados sanitarios y pluviales, asegurando una adecuada integración con el desarrollo urbanístico.

Figura 2 Implantación de la urbanización Central park



El diseño vial de la urbanización incluye detalles esenciales sobre la disposición y configuración de las calles, especificando sus dimensiones y las intersecciones viales estratégicas (ver figura 3). Estos aspectos son fundamentales no solo para garantizar una circulación vehicular y peatonal eficiente, sino también para facilitar la correcta ubicación de los sistemas de redes subterráneas, como los de alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial y red de distribución de agua potable. Además, estas disposiciones aseguran que las áreas viales sean accesibles para la prestación de servicios públicos y las labores de mantenimiento, promoviendo una gestión sostenible y funcional a largo plazo en la urbanización Central Park.

Figura 3 Diseño vial

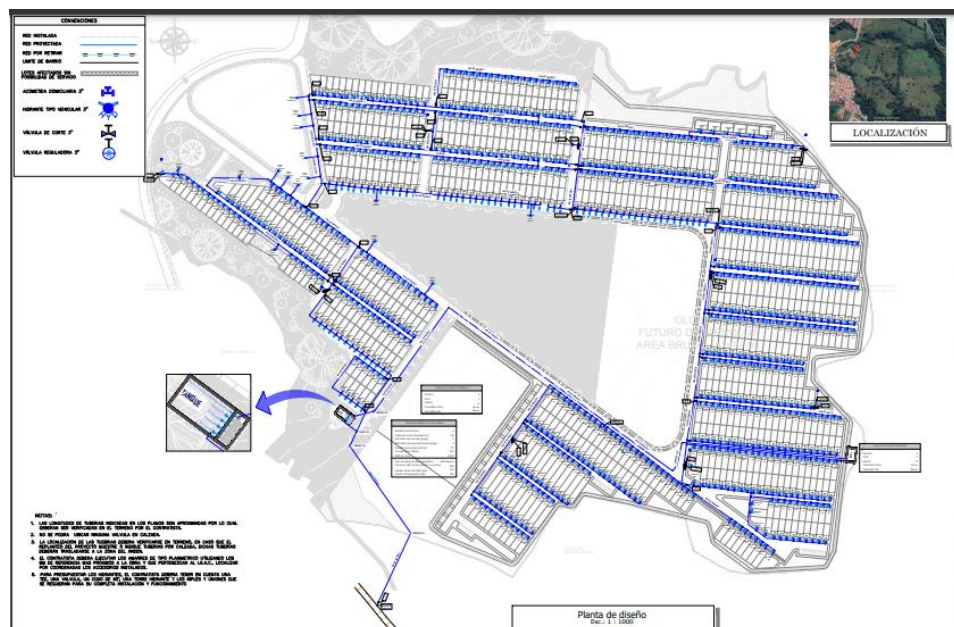


3.2 Trazado de las redes

3.2.1 Red de distribución de agua potable

El trazado de la red de distribución de agua potable en el proyecto Central Park tiene como objetivo garantizar un suministro eficiente y continuo para los 884 lotes que conforman la urbanización (ver figura 7). Este diseño considera la ubicación estratégica de tuberías principales y secundarias, las cuales parten desde la acometida con la red principal del acueducto municipal, aprovechando el desnivel natural del terreno para operar por gravedad en la primera etapa del proyecto. Para la segunda etapa, el sistema incorpora dos tanques de almacenamiento: el primero, diseñado para regular y distribuir el agua hacia el segundo tanque, situado en un punto elevado del lote, lo que permite una entrega eficiente por gravedad hacia las áreas superiores de la urbanización. Este trazado busca mantener presiones adecuadas, minimizar pérdidas hidráulicas y asegurar una operación confiable que cumpla con las normativas vigentes, garantizando así el bienestar de los futuros habitantes.

Figura 7 Trazado red de distribución de agua potable

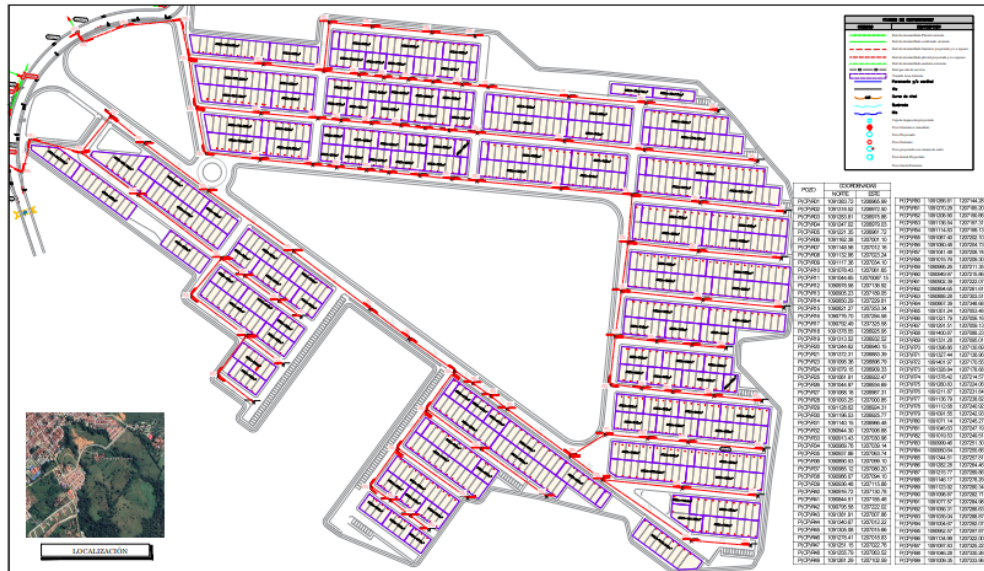


En el Apéndice 3 se incluyen los planos de la red de distribución de agua potable y los detalles constructivos relevantes. Estos elementos ofrecen una representación gráfica y técnica que facilita la comprensión del diseño y asegura la correcta ejecución de las obras.

3.2.2 Alcantarillado sanitario

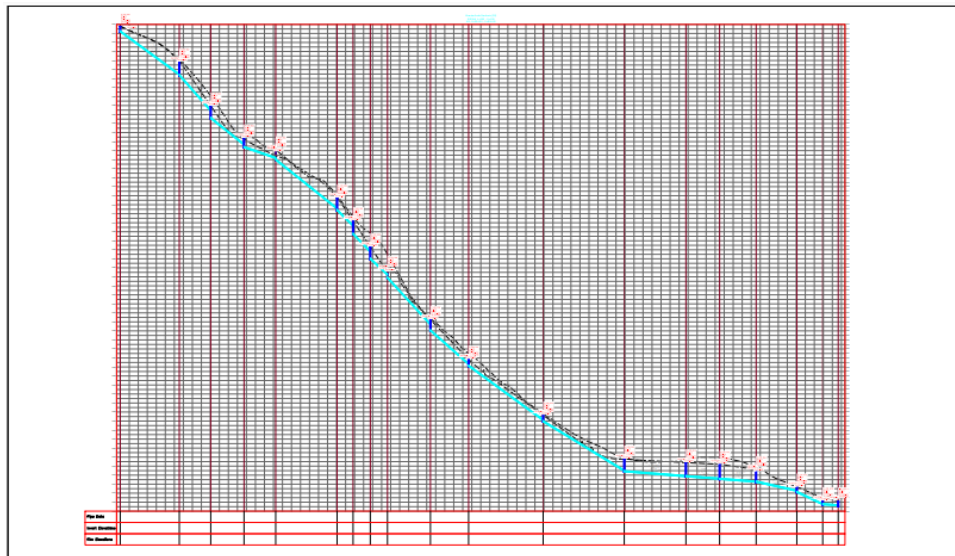
El trazado de la red de alcantarillado sanitario constituye una etapa fundamental en el diseño de sistemas de infraestructura urbana, ya que define la disposición, longitud y conexión de las tuberías encargadas de recolectar y transportar las aguas residuales. Un diseño bien estructurado no solo asegura el cumplimiento de las normativas vigentes, como la Resolución 0330 de 2017, sino que también permite optimizar el flujo mediante la selección adecuada de pendientes, diámetros y materiales. Este proceso es esencial para garantizar la funcionalidad del sistema, minimizar posibles fallos operativos y asegurar la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

En la empresa CAC Construcciones y Diseños S.A.S. se desarrolló el trazado de las redes de alcantarillado sanitario diseñado para recolectar y transportar de manera eficiente las aguas residuales hacia los puntos de disposición final (ver figura 4). Durante el trazado, se consideró el relieve del terreno y las áreas aferentes asignadas a cada tramo, asegurando el cumplimiento de la normativa vigente y la funcionalidad del sistema, en pro de garantizar un diseño sostenible y acorde a las necesidades del proyecto.

Figura 4 Trazado red de alcantarillado sanitario

La realización del perfil longitudinal en el diseño de la red de alcantarillado sanitario es un paso crítico que garantiza la funcionalidad y eficiencia del sistema (ver figura 5). Este perfil permite visualizar la inclinación del terreno a lo largo del trazado de las tuberías, asegurando que las pendientes cumplan con los valores mínimos establecidos por las normativas técnicas, como la Resolución 0330 de 2017 en Colombia. Esto es fundamental para mantener un flujo gravitacional adecuado, evitando la acumulación de aguas residuales y minimizando el riesgo de obstrucciones o fallas en el sistema.

Además, el perfil longitudinal facilita la identificación de posibles conflictos con otros servicios subterráneos, como redes de agua potable o pluviales, permitiendo realizar ajustes en el diseño antes de la construcción. Asimismo, este análisis proporciona información precisa sobre la profundidad de instalación y las cotas necesarias para los pozos de inspección, optimizando el uso de materiales y recursos durante la ejecución del proyecto.

Figura 5 Perfil longitudinal red de alcantarillado sanitario

Nota: La figura representa el perfil longitudinal de la red de alcantarillado sanitario diseñada para el proyecto Central Park. En esta figura se detallan las pendientes, profundidades de instalación y cotas de los diferentes tramos de la red, así como la ubicación de los pozos de inspección.

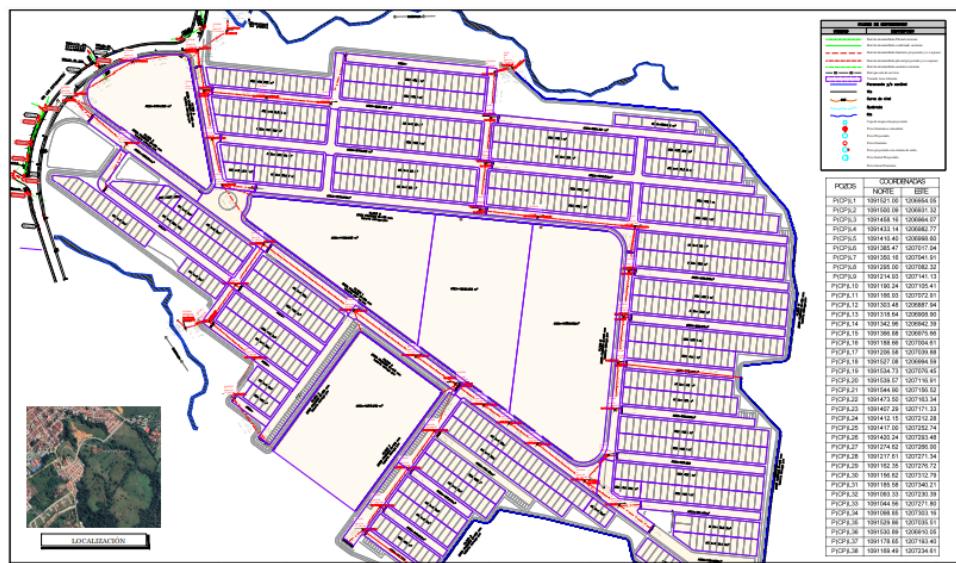
En el Apéndice 1 se incluyen los planos de la red de alcantarillado sanitario, junto con los perfiles longitudinales y los detalles constructivos relevantes. Estos elementos ofrecen una representación gráfica y técnica que facilita la comprensión del diseño y asegura la correcta ejecución de las obras.

3.2.3 Alcantarillado pluvial

El trazado de la red de alcantarillado pluvial del proyecto Central Park es crucial para garantizar la recolección y evacuación eficiente de las aguas lluvias generadas dentro de la urbanización (ver figura 6). Este diseño considera la ubicación estratégica de tuberías principales y secundarias que conducen las aguas hacia los puntos de descarga definidos, ubicados en los límites del lote, específicamente en las dos quebradas presentes en los linderos norte y occidente.

La planificación del sistema se basa en un análisis detallado de la topografía del terreno, lo que permite asignar correctamente las áreas de captación a cada tramo de la red y asegurar que tanto los diámetros como las pendientes cumplan con las normas técnicas vigentes. Esta distribución no solo minimiza el riesgo de inundaciones, sino que también protege las vías y espacios públicos al evitar la acumulación de agua en superficie, promoviendo la seguridad y durabilidad de la infraestructura urbana.

Figura 6 Trazado red de alcantarillado pluvial



En el Apéndice 2 se incluyen los planos de la red de alcantarillado pluvial, junto con los perfiles longitudinales y los detalles constructivos relevantes. Estos elementos ofrecen una representación gráfica y técnica que facilita la comprensión del diseño y asegura la correcta ejecución de las obras.

3.3 Verificación de parámetros de las redes de distribución

3.3.1 Red de distribución de agua potable

3.3.1.1 Fuente de abastecimiento y almacenamiento

La fuente de abastecimiento del proyecto CENTRAL PARK se compone de una conexión

a la red de acueducto del municipio que viene directamente de la planta de tratamiento.

3.3.1.2 Calculo población y caudales

La capacidad técnica del sistema de acueducto está directamente relacionada con la población que se planea abastecer. En este caso, para el área proyectada, se contempla la construcción de predios con tamaños que varían entre 90 y 160 m². Considerando un promedio estimado de 5 habitantes por lote, es posible calcular una densidad poblacional ponderada específica para cada tipo de predio, dependiendo de su área, lo que permite planificar adecuadamente la infraestructura necesaria para satisfacer la demanda de agua potable.

3.3.1.3 Cálculo del caudal de diseño

Para el cálculo del caudal de diseño se utilizó la Resolución 330 del 2017 en su artículo 43, en la cual recomienda que la dotación máxima para poblaciones entre 1.000 y 2.000 m.s.n.m. corresponde a 130 L/hab/día, valor que se adoptó para el cálculo.

Se tomó en cuenta la cantidad de lotes en cada etapa del proyecto y se asumió una ocupación de 5 habitantes por lote. Posteriormente, se multiplicó el número de lotes por la cantidad de habitantes por lote y por la dotación máxima para determinar el caudal de diseño (ver Tabla 10 y 11).

Tabla 10. Estimación del caudal etapa 1.

Lote	Cantidad	No. hab/apto	Consumo	Consumo parcial
Tipo A	313	5.00	130 l/per/día	203450 l/día
Consumo Residencial total				203450 l/día

Tabla 11. Estimación del caudal etapa 2.

Lote	Cantidad	No. hab/apto	Consumo	Consumo parcial
Tipo A	572	5.00	130 l/per/día	400400 l/día
Consumo Residencial total				400400 l/día

3.3.1.4 Cálculo de las pérdidas por fricción

a) Pérdidas por fricción en la conducción por el Método de HAZEN-WILLIAMS

Se asume un diámetro de 3" para la tubería de conducción, para posteriormente realizar el cálculo de las pérdidas por fricción usando el método de Hazen-Williams, la ecuación se expresa así:

$$Hf = 10.67 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}}$$

Donde:

Q: Caudal que pasa por la tubería [m³/s]

C: Coeficiente de rugosidad HAZEN-WILLIAMS

D: Diámetro de la tubería [m]

L: Longitud de la tubería [m]

El coeficiente C es 150 debido a que el material del que se construirá la tubería de la conducción es PVC.

El trazado propuesto tiene como valor una longitud estimada en 2830 metros etapa 1 y 4822 metros etapa 2 con este valor se procede a calcular las pérdidas por fricción (Hf) en el tramo de la conducción:

$$Hf = 10.67 * \left(\frac{0.00254}{150}\right)^{1.852} * \frac{2830}{0.075^{4.87}}$$

$$Hf = 13.24 \text{ mca}$$

$$Hf = 10.67 * \left(\frac{0.00463}{150}\right)^{1.852} * \frac{4822}{0.075^{4.87}}$$

$$H_f = 448.61 \text{ mca}$$

b) Pérdidas por fricción en la conducción por el método DARCY-WEISBACH

Por el método Darcy-Weisbach se efectúa igualmente el cálculo de las pérdidas por fricción usando los valores del modelo propuesto en la siguiente ecuación:

$$H_{f_{D-w}} = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

f: factor de fricción de Darcy, calculado por la ecuación de Colebrook-White

V: Velocidad debido al caudal que pasa por la tubería [m/s]

D: Diámetro de la tubería [m]

L: Longitud de la tubería [m]

Para determinar el factor de fricción de Darcy y posteriormente las pérdidas por fricción, se usa la ecuación:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3.71} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

Donde:

f: factor de fricción de Darcy.

Re: Número de Reynolds en función de la viscosidad del fluido y la velocidad [m/s]

D: Diámetro de la tubería [m]

ε : Rugosidad de la tubería en función del material.

3.3.1.5 Red contraincendios

La red contraincendios en urbanizaciones consiste principalmente en la implementación

de hidrantes para el abastecimiento del cuerpo de bomberos del municipio.

Estos hidrantes, por recomendación de la NFPA, deberían estar a una distancia promedio de 400 pies entre ellos, es decir, cerca de 120 metros, para que se pueda abastecer y cubrir un incendio en todas las inmediaciones del siniestro. (*Sistemas de protección contra incendios /NFPA, s. f.*)

Para este proyecto se instalan 8 hidrantes tipo vehicular de 75 mm. La presión necesaria para que estos hidrantes funcionen correctamente es de 20 psi, dicha presión es confirmada en la modelación de la red mediante un punto de control, del cual se corroborará la capacidad.

El cálculo de la red, tomando en cuenta los hidrantes no incluye la contemplación del caudal a través de la tubería más allá que de capacidad y no en simultaneo con el uso habitual de la red, debido a la baja ocurrencia de estos incidentes, pero se garantiza que el tanque de almacenamiento pueda mantener el suministro de agua de un caudal de 5 Lps a un hidrante para un incendio de 2 horas.

3.3.1.6 Tanque de almacenamiento

El tanque comprenderá un volumen igual al caudal de suministro del condominio durante 8 horas, los factores de mayoración K1 y K2 toman valores principalmente con referencia al tamaño de la población. Para poblaciones menores o iguales de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor K1 será superior a 1.3 ni el factor K2 superior a 1.6. El valor del factor K2 se asumió como 1.5, ya que cada suscriptor para superar los posibles déficits de consumo contará con un tanque de almacenamiento individual., calculando así:

$$V = 4.63 \frac{L}{seg} * 28800 \text{ seg} * 1.5 * 1.2 = 240000 \text{ L}$$

Adicionalmente el caudal contra incendios, para 1 hidrantes y un incendio de 2 horas se obtiene:

$$Vinc = 5 \frac{L}{seg} * 7200 seg = 36000 L$$

De esta manera se obtiene un tanque con capacidad nominal de: 280.000 L. Este tanque será de tipo subterráneo y contará con dimensiones limitadas por el lote.

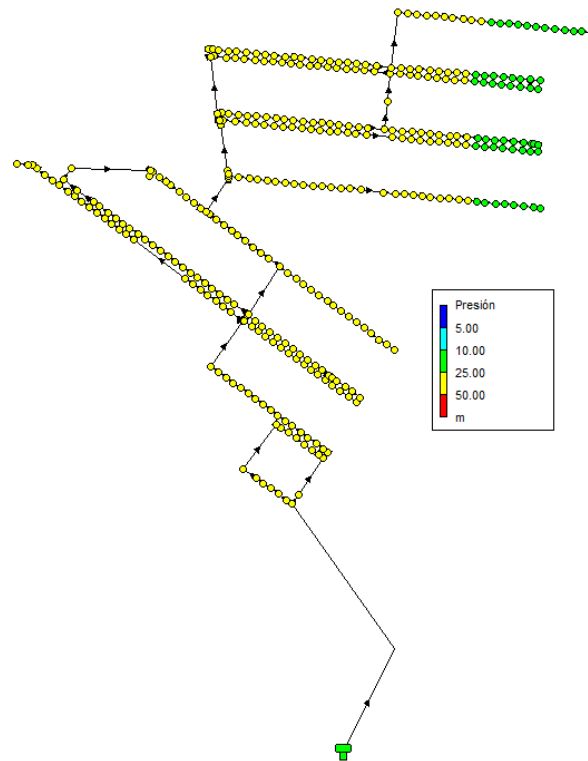
3.3.1.7 Pérdidas accesorio menores

Los accesorios en la tubería ocasionan pérdidas de carga y también se debe tener en cuenta, pero debido a que en la conducción se estiman pocos accesorios son pérdidas menores, se toma como valor esperado 3 m.c.a.

3.3.1.8 Cálculo de la red de distribución

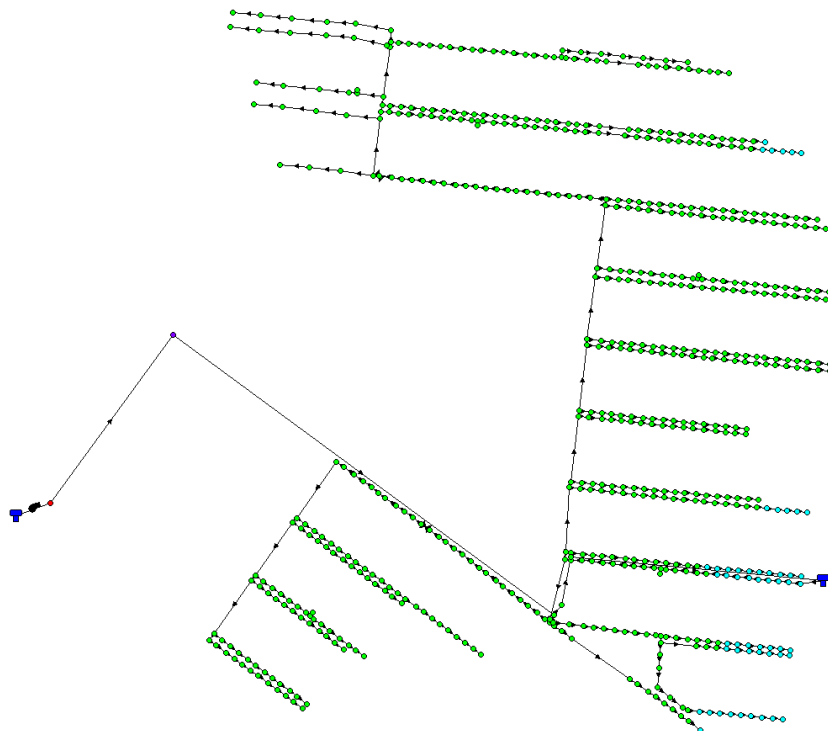
El diseño de la red de acueducto para transportar el caudal a las acometidas en función a su consumo es elaborado bajo el concepto de una red por mallas usando el método de Hardyross. Para la visualización del comportamiento hidráulico, se efectuó el modelamiento de la red en el software EPANET con licencia libre empleando el cálculo con las fórmulas de Darcy-Weisbach. El modelo es mostrado a continuación (ver figura 8 y 9).

Figura 8. Red de distribución etapa 1 modelada en Epa Net



Fuente: Etapa 1. figura extraída del modelo hidráulico en el software EPANET con licencia libre.

Imagen 9. Red de distribución etapa 2 modelada en Epa Net



Fuente: Etapa 2. figura extraída del modelo hidráulico en el software EPANET con licencia libre.

3.3.1.9 Equipos de bombeo

En la red de distribución es necesario el uso de un equipo de bombeo que consta de 4 motobombas externas para garantizar la presión principalmente en la segunda etapa del proyecto CENTRAL PARK, donde la energía potencial no es capaz de recorrer la tubería hasta las zonas altas del lote. Estos equipos de bombeo deben contar con las siguientes especificaciones (ver Tabla 12).

Tabla 12. Especificaciones equipo de bombeo

Especificaciones equipo de bombeo	
Caudal requerido por el sistema [Lps]	13.34
Caudal suministrado por bomba [Gpm]	77
Presión mínima [mca]	119
Presión mínima [psi]	170
Potencia teórica por bomba [hp]	20
HDB [m]	119.3
Capacidad de hidroneumático [Litros]	500

3.4 Verificación de parámetros de las redes de alcantarillado

3.4.1 Alcantarillado

En general, los sistemas de alcantarillado se diseñan como conducciones a flujo libre por gravedad, suponiendo que el flujo es uniforme mediante la utilización de la fórmula de Manning, así:

$$V_0 = \frac{R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{N}$$

En donde:

Vo: Velocidad a tubo lleno en m/seg

- R: Radio hidráulico a tubo lleno en metros
- S: Pendiente de batea del conducto en m/m
- N: Coeficiente de rugosidad de Manning

3.4.1.1 Coeficiente de rugosidad de Manning

El coeficiente de rugosidad (N) de la fórmula de Manning, depende de las características del conducto. Para su adopción deberán utilizarse los siguientes valores (ver Tabla 1).

Tabla 1. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning para varios materiales.

MATERIALES	N
Conductos cerrados	
Asbesto - cemento	0.001 - 0.015
Concreto prefabricado interior liso	0.001 - 0.015
Concreto prefabricado interior rugoso	0.015 - 0.017
Concreto fundido en sitio, formas lisas	0.012 - 0.015
Concreto fundido en sitio, formas rugosas	0.015 - 0.017
Gres vitrificado	0.011 - 0.015
Hierro dúctil revestido inferiormente con cemento	0.011 - 0.015
PVC, polietileno y fibra de vidrio con interior liso	0.010 - 0.015
Metal Corrugado	0.022 - 0.026
Colectores en ladrillo	0.012 - 0.017
Conductos abiertos	
Canal revestido en ladrillo	0.012 - 0.018
Canal revestido en concreto	0.011 - 0.02
Canal excavado	0.018 - 0.050
Canal revestido rip-rap	0.020 - 0.035

Fuente. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, título D, pagina 119.

Bajo esta consideración, y teniendo en cuenta que se utilizará tubería de PVC, se adoptó el valor establecido en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS el cual corresponde a 0.010 (*resolucion-0330-2017.pdf*, s. f.).

3.4.1.2 Pendiente del conducto

La pendiente de la batea del conducto se seleccionó ajustándose a la topografía del terreno para tener velocidades iguales o superiores a 0.40 m/s en el caso de redes sanitarias y a 0.7 m/s en redes pluviales, con el fin de garantizar el arrastre de partículas dentro del conducto.

3.4.1.3 Dimensionamiento de la sección del conducto

El dimensionamiento de la sección del conducto se realizó con base en la fórmula de Manning utilizando los valores de caudal, rugosidad y pendiente escogidos y teniendo en cuenta que la relación máxima entre profundidades de flujo y diámetro de la tubería “Y/d” debe ser menor o igual a 0.85.

El diámetro mínimo adoptado para redes sanitarias será de ocho pulgadas, para redes pluviales o combinadas será de 10 pulgadas, y para las conexiones domiciliarias serán de diámetro mínimo de 6 pulgadas, conforme a lo establecido en el reglamento (Resolución 0330 de 2017).

3.4.1.4 Velocidades permisibles en los conductos

La velocidad mínima de un tramo de alcantarillado deberá cumplir las siguientes condiciones:

- a.** La velocidad mínima a tubo lleno (V_0) en cualquier material será mayor de:
 - Alcantarillados sanitarios: $V_0 \geq 0.6$ m/Seg
 - Alcantarillados pluviales y combinados: $V_0 \geq 1.0$ m/Seg
- b.** La velocidad real en el conducto (V), la cual será afectada por la naturaleza del agua transportada (residual o pluvial), se establecerá como la mínima velocidad que garantice las condiciones de autolimpieza y evite sedimentación en el tramo.

Este análisis puede ser desarrollado por dos criterios (ver Tabla 2).

- Controlando velocidad media (V)

- Evaluando Fuerza de arrastre tractiva (**Ft**), definida como la fuerza tangencial producida por el flujo del agua sobre las partículas que componen el perímetro mojado del conducto.

$$Ft = 10 * R * S$$

Tabla 2. Valores mínimos permisibles de velocidad media y fuerza tractiva.

Tipo de alcantarillado	V mínima (m/s)	Ft (K/m ²)
Sanitario	0.4	0.15
Pluvial o Combinado	0.7	0.35

Fuente. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, título D, pagina 59.

Velocidad máxima (ver Tabla 3).

Tabla 3. Valores máximos permisibles de velocidad media en los conductos.

Material	V máxima (m/seg)
Concreto de f'c=3000 psi.	6
Concreto de f'c=4000 psi	10
Cloruro de Polivinilo	10

Fuente. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, título D, pagina 61.

3.4.1.5 Unión de colectores

La unión o intersección de dos o más colectores se debe hacer a través de estructuras hidráulicas denominadas estructuras-pozo, cuyo diseño debe estar basado en las condiciones de pérdida de energía, la cual a su vez es función del régimen de flujo.

El número de Froude establece la condición de régimen del flujo (subcrítico o supercrítico), así:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g * D}}$$

En donde:

- V: Velocidad media en metros por segundo
 D: Profundidad hidráulica en metros
 g: Aceleración de la gravedad, igual a 9.81 m/Seg²

Con el número de Froude (F) se establece si el régimen es Subcrítico ($F < 0.90$) o Supercrítico ($F > 1.10$), para evitar flujo inestable en los conductos, el número de Froude debe ser menor de 0.90 o mayor de 1.10 (ver Tabla 4).

Tabla 4. Ángulos máximos permisibles de intersección entre colectores sin caída en la estructura-pozo.

Diámetro del colector de salida	Angulo
$D_s \leq 10''$	90°
$10'' < D_s \leq 14''$	75°
$14'' < D_s \leq 21''$	60°
$21'' < D_s \leq 36''$	45°
$D_s > 36''$	15°

Fuente. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, título D, pagina 120.

3.4.2 Alcantarillado pluvial

3.4.2.1 Evaluación del caudal de diseño

La estimación de caudales se realizó con base en el Método Racional, el cual propone el cálculo de la esorrentía superficial a partir de una intensidad dada para un aguacero con un período de retorno determinado en función del área de aporte y de consideraciones topográficas.

$$Q = C * I * A$$

En donde:

- Q: Caudal pluvial en lps
 C: Coeficiente de esorrentía

I: Intensidad del aguacero de diseño en lps/ha

A: Área de drenaje en ha.

3.4.2.2 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es función del tipo de suelo y las características topográficas del área drenada. Para el área metropolitana se adoptarán los siguientes valores (ver Tabla 5).

Tabla 5. Coeficientes de impermeabilidad.

Tipo de superficie	C
Cubierta	0.90
Pavimento asfálticos y superficies de concreto	0.90
Vías adoquinadas	0.85
Zonas comerciales o industriales	0.90
Residencial, con casa contiguas, predominio de zonas duras	0.75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre estos	0.75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0.60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliar apreciablemente separadas	0.45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques -cementorios	0.30
Laderas sin vegetación	0.60
Laderas con vegetación	0.30
Parques recreacionales	0.30

Fuente. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, título D, pagina 94.

A partir de los valores recomendados en el reglamento, se adopta un valor de “C” igual a 0.75, el cual corresponde a “Residencial con casas contiguas y predominio de zonas duras”.

3.4.2.3 Intensidad de la lluvia

Para la determinación de la intensidad de la lluvia es necesario precisar el período de retorno del aguacero de diseño, de acuerdo con lo establecido en el numeral 4.4.3.2 del RAS, título D.

3.4.2.4 Período de retorno (p)

Para efectos de diseño, el período o frecuencia de retorno del aguacero de diseño se seleccionó de acuerdo con los criterios indicados a continuación (ver Tabla 6).

Tabla 6. Períodos de retorno recomendados según el grado de protección del sistema.

Características del área de drenaje	Mínimo (años)	Aceptable (años)	Recomendado (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 ha	2	2	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 ha	2	3	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 ha	2	3	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores a 10 ha	5	5	10
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 ha	10	25	50
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 ha	25	50	100

Fuente. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, título D, pagina 77.

3.4.2.5 Tiempo de Concentración (Tc)

Para efecto de utilización de curvas de Intensidad, Duración, Frecuencia, la duración de la tormenta de diseño será igual al tiempo de concentración de la cuenca, definido como el tiempo de viaje del agua desde el punto más alejado hasta el punto de desagüe de la cuenca. El tiempo de concentración mínimo, para tramos iniciales de alcantarillado sin sistemas afluentes, será igual a 8 minutos. El tiempo de recorrido dentro del colector (Tr), se estimará por medio de la fórmula de Manning. El tiempo total de concentración para cada tramo será la suma del tiempo de concentración inicial más el tiempo de recorrido dentro de los conductos que le preceden. En los puntos de convergencia de dos o más colectores, deberá usarse el mayor de los tiempos de concentración encontrados.

3.4.2.6 Área de drenaje

La extensión y el tipo de áreas tributarias deberán determinarse para cada tramo por diseñar. El área aferente deberá incluir el área propia del tramo en consideración y se expresará en hectáreas (ha), con una aproximación de 0.01 ha.

En el Apéndice 4 se presenta la verificación de los distintos parámetros de la red de alcantarillado pluvial, incluyendo aspectos clave como pendientes, diámetros, caudales y velocidades. Esta información asegura que el diseño cumple con las normativas técnicas y garantiza un funcionamiento eficiente del sistema.

3.4.3 Alcantarillado sanitario

3.4.3.1 Caudal medio de aguas residuales

La cantidad de aguas residuales producida está integrada por las aguas domésticas, industriales, comerciales e institucionales.

La estimación del caudal medio se hará sumando las diferentes contribuciones determinadas como se describe a continuación.

$$Q_{md} = Q_{AD} + Q_I + Q_C + Q_{IN}$$

3.4.3.2 Aportes domésticos:

$$AD = \frac{R * D * A * C}{86400} \text{ o } AD = \frac{R * P * C}{86400}$$

Donde:

AD: Caudal medio diario de aguas residuales domésticas en (lps).

R : Coeficiente de retorno.

D : Densidad bruta de población en habitantes por hectárea.

A : área residencial bruta en hectáreas.

P : Población servida. (Hab) $P=D \times A$

C : Consumo por habitante en litros por habitante día.

- a. **Coefficiente de retorno (R):** Para el área metropolitana de Bucaramanga, el porcentaje de agua consumida que retorna al alcantarillado se adopta igual al 90%
- b. **Densidad de población (D):** Los sistemas de alcantarillado sanitario deben diseñarse para la máxima densidad de población futura, según el estrato social y el uso funcional del suelo. Para este caso se utilizó una densidad de 580.
- c. **Población servida (P):** puede ser estimada como el producto de la densidad de población (D) y el área residencial bruta acumulada de drenaje sanitario. Esta área debe incluir las zonas recreacionales. Esta forma de estimación es válida donde esté definida la densidad de población. Alternativamente, P puede ser estimada a partir del producto del número de viviendas planificadas en el área de drenaje y el número medio de habitantes por vivienda.

$$P = D * (A_{RESIDENCIAL} + A_{RECREACIONAL})$$

- d. **Consumo por habitante (C):** El valor del consumo diario de agua por habitante, conocido como la dotación por habitante, dependerá del nivel socio económico de la población asentada en la zona, y la dotación suministrada por el Acueducto Aguas del Socorro (ver Tabla 7)

Tabla 7. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.

Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida	Dotación neta máxima (L/Hab*día)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 - 2000 m.s.n.m	130
<1000 m.s.n.m	140

Fuente. Resolución 0330 de 2017 - Reglamento Técnico – RAS.

Según la altura promedio del Municipio 1330 m.s.n.m se maneja un valor de consumo máximo por habitante al día de 130 litros

3.4.3.3 Aportes comerciales (AC)

Debido a la población fluctuante de los sectores comerciales durante las horas del día y durante los días de la semana, los valores de densidad máxima de población y de consumo por habitante son difíciles de evaluar. Sin embargo, para propósitos de diseño se adopta un caudal medio diario de 2.0 L/(s-Ha) según cuenta lo estipulado en el reglamento, suponiendo un porcentaje alto de retorno.

3.4.3.4 Aportes Industriales (AI)

Los aportes industriales deberán determinarse para cada vertimiento en particular porque dichos aportes varían de acuerdo con el tipo y el tamaño de la industria, con el grado de recirculación de aguas y los procesos de tratamiento.

Sin embargo, para pequeñas industrias localizadas dentro de la zona residencial o comercial, para estimar el aporte industrial puede utilizarse un caudal de 1.5 L/(s-Ha) del área bruta de la industria, como lo estipula el reglamento.

3.4.3.5 Aportes Institucionales (AIT)

Los aportes de aguas concentradas tales como cuarteles, hospitales, escuelas, hoteles,

universidades y establecimientos similares se adoptará 1. L/(s-Ha) del área bruta de la institución, tal como lo recomienda el reglamento.

3.4.3.6 Densidad poblacional promedio

A manera de reducción del modelo a emplear se calcula una densidad poblacional promedio para emplear en la totalidad de tramos; teniendo las siguientes consideraciones:

- ✓ Área obtenida por AutoCAD
- ✓ Asumiendo que por cada predio hay 5 personas

3.4.3.7 Caudal máximo horario (QMH)

El caudal máximo horario es la base para establecer el caudal de diseño de una red de colectores de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.

El caudal máximo horario del día máximo se estima a partir del caudal final medio diario, mediante el uso del factor de mayoración (F).

$$QMH = F * Q_{md}$$

3.4.3.8 Factor de mayoración (F)

El factor de mayoración para estimar el caudal máximo horario, con base en el caudal medio diario, tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población. El valor del factor disminuye en la medida en que el número de habitantes considerado aumenta, pues el uso del agua se hace cada vez más heterogéneo y la red de colectores puede contribuir cada vez más a amortiguar los flujos.

3.4.3.9 Caudal de diseño

$$Q_n = QMH + Q_i + Q_{ce}$$

Donde:

Qn : Caudal de diseño en (lps).

QMH: Caudal máximo horario en (lps).

Qi: Caudal debido a infiltraciones en (lps).

Qce: Caudal por conexiones erradas en (lps).

Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea inferior a 1,50 L/s, debe adoptarse este valor como caudal de diseño.

3.4.3.10 Aportes de conexiones erradas (Qce)

Las conexiones erradas corresponden a los posibles caudales de aguas lluvia, que puedan ingresar al alcantarillado sanitario, situación que se presenta por conexión de bajantes de techo o sifones de patio a la red interna sanitaria de cada vivienda; esta situación se da principalmente en zonas de estrato medio y bajo, en donde en muchos casos predomina la autoconstrucción, lo cual no garantiza la correcta construcción de las redes intradomiciliarias separadas. Esta situación se acentúa en las zonas en donde no existe un sistema de alcantarillado pluvial, por lo que en algunos casos la única opción que tiene la comunidad es conectar sus aguas lluvias al sistema sanitario.

En este orden de ideas existen unos caudales pluviales a considerar dentro del presente diseño, en primera instancia se cuantifican estos caudales de conformidad con la metodología de cálculo del caudal sanitario (ver Tabla 8).

Tabla 8. Aportes por conexiones erradas

Sector (S)	Coefic. de conexiones erradas (CCe)
(1): Residencial	50 Lts/hab-día
(2): Comercial, institucional o industrial	0.2 Lts/Ha

Fuente. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, título D, pagina 54.

Según lo anterior, el caudal por conexiones erradas se determina multiplicando el coeficiente de conexiones erradas por la población o por el área, dependiendo del sector de desarrollo del proyecto.

3.4.3.11 Aportes por infiltración (Qi)

Es inevitable la infiltración de aguas sub-superficiales a las redes de alcantarillado, principalmente freáticas, a través de fisuras en los colectores, en juntas armadas deficientemente, en la unión de colectores con pozos de inspección y demás estructuras. En ausencia de medidas directas o ante la imposibilidad de determinar el caudal por infiltración, es este aspecto la norma RAS (ver Tabla 9).

Tabla 9. Aportes por infiltración en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales.

Nivel de complejidad del sistema	Infiltración alta (L/s ha)	Infiltración media (L/s ha)	Infiltración baja (L/s ha)
Bajo y medio	0.3	0.2	0.1
Medio alto y alto*	0.3	0.2	0.1

Fuente. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, título D, pagina 55.

El valor asumido es de 0,30 litros por segundo por hectárea, correspondiente a una zona con infiltración Alta.

3.4.3.12 Estructuras de conexión de colectores y pozos de inspección

La unión o conexión de dos o más tramos de colectores debe hacerse con estructuras hidráulicas, denominadas estructuras de conexión. Usualmente, estas estructuras son pozos de unión o conexión o estructuras-pozo. Estas estructuras están comunicadas con la superficie mediante pozos de inspección, los cuales permiten el acceso para la revisión y mantenimiento de la red. El distanciamiento máximo de 90 metros entre cada uno de los mismos.

3.4.3.13 Cámaras de caída

Las cámaras de caída son estructuras de conexión frecuentes en terrenos con pendiente pronunciada, con el objeto de evitar velocidades mayores de las máximas permisibles.

Todos los colectores que lleguen a una estructura de conexión, con una diferencia mayor de 0.75 m con respecto a la batea del colector de salida, deben entregar al pozo mediante una cámara de caída, cuya boca inferior debe estar orientada en tal forma que el flujo confluya con un ángulo máximo de 15° con respecto a la dirección del flujo principal. Para colectores afluentes menores de 300 mm de diámetro puede analizarse la alternativa de no construir la cámara de caída, pero proveer un colchón de agua en la parte inferior del pozo que amortigüe la caída. El diámetro del tubo bajante debe ser del mismo diámetro que el tubo de entrada, pero en ningún caso menor que 200 mm.

En el Apéndice 5 se presenta la verificación de los distintos parámetros de la red de alcantarillado sanitario, incluyendo aspectos clave como pendientes, diámetros, caudales y velocidades. Esta información asegura que el diseño cumple con las normativas técnicas y garantiza un funcionamiento eficiente del sistema.

3.5 Elaboración presupuesto

El presupuesto es un elemento crucial en el desarrollo del proyecto Central Park, ya que permite definir los recursos financieros necesarios para la ejecución de las redes de alcantarillado sanitario, pluvial y de distribución de agua potable, respetando las especificaciones técnicas y normativas vigentes. Según el PMBOK® Guide, la planificación y gestión del presupuesto incluye la estimación de costos, la asignación de recursos y el control financiero a lo largo del ciclo de vida del proyecto, garantizando que se mantenga dentro de los límites aprobados (Project Management Institute, 2021, p. 189).

En este contexto, se han estructurado paquetes presupuestarios que abarcan actividades esenciales como preliminares, movimiento de tierras, alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial, red de distribución de agua potable. El practicante ha colaborado activamente en el

cálculo de cantidades de obra y en la elaboración de análisis de precios unitarios, asegurando que cada componente del diseño sea representado de manera precisa y ajustado a las condiciones reales del proyecto.

En la Tabla 13 se presenta la estimación presupuestal detallada del proyecto “Diseño y construcción de las redes hidráulicas y sanitarias de la urbanización Central Park,” que busca garantizar la viabilidad técnica y financiera de esta urbanización emblemática, promoviendo un desarrollo urbano sostenible y acorde a las necesidades de los futuros habitantes.

En el apéndice 6 se presenta el presupuesto detallado del proyecto, el cual incluye una descomposición exhaustiva de los costos asociados a cada una de las actividades y elementos constructivos. Este presupuesto contempla aspectos como materiales, mano de obra, equipos, transporte y otros recursos necesarios, todo estructurado de manera clara y organizada.

Tabla 13. Presupuesto a todo costo redes de alcantarillado y red de distribución de agua potable del proyecto Central park

PRESUPUESTO		
# EDT / WBS	CONCEPTO	SUBTOTAL ESTIMADO
1.1	PRELIMINARES	\$ 2,510,111.00
1.2	EXCAVACIONES Y RELLENOS	\$ 2,206,653,379.33
1.3	RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO	\$ 2,238,450,640.87
1.4	RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	\$ 1,984,435,005.90
1.5	RED DE ACUEDUCTO	\$ 1,799,909,843.28
TOTAL, PRESUPUESTO		\$ 8,231,958,980.38

4. Conclusiones

Durante la práctica empresarial realizada en CAC Construcciones y Diseños S.A.S., se llevaron a cabo diversas actividades relacionadas con el diseño de las redes de alcantarillado sanitario, pluvial y la red de distribución de agua potable para el proyecto urbanístico Central Park. Estas actividades permitieron adquirir y fortalecer competencias técnicas, normativas y procedimentales esenciales para la ejecución de proyectos de infraestructura hidráulica. Uno de los aspectos destacados fue el uso de herramientas especializadas como AutoCAD, Civil 3D y Excel para el diseño y cálculo de las redes, así como Word para documentar memorias de cálculo detalladas. Estas herramientas fueron fundamentales para cumplir con los estándares normativos y garantizar la aprobación de los diseños por parte de las entidades competentes.

A través de la sistematización de los procesos de diseño, como la elaboración de hojas de cálculo detalladas para la cuantificación de materiales se proporcionó a la empresa una base sólida que puede ser reutilizada y adaptada en futuros proyectos. Además, la experiencia permitió comprender la importancia de una planificación adecuada, especialmente en la coordinación entre las diferentes disciplinas del proyecto, asegurando que los sistemas de redes subterráneas se adapten al diseño vial y a las condiciones topográficas del terreno. Se superaron desafíos como la resolución de interferencias entre redes y la integración de soluciones sostenibles, como filtros en la red pluvial, que protegen la durabilidad de las vías y contribuyen a la sostenibilidad del diseño.

En conclusión, esta práctica empresarial representó una oportunidad valiosa para aplicar conocimientos académicos en un entorno real, enfrentar retos técnicos y administrativos, y aportar significativamente al desarrollo del proyecto Central Park. La sistematización de procesos técnicos y administrativos no solo fortaleció la capacidad operativa de la empresa, sino que también aseguró un diseño eficiente, sostenible y alineado con las normativas vigentes, dejando un legado técnico para la optimización de futuros proyectos.

5. Recomendaciones

En el marco del proyecto Central Park, la principal contribución estuvo enfocada en el diseño y planificación de las redes hidráulicas y sanitarias para la urbanización. Este trabajo incluyó el cálculo de caudales, diámetros y pendientes, asegurando el cumplimiento de las normativas técnicas, así como la elaboración de memorias de cálculo, documentación técnica y planos detallados. Además, el apoyo en la estructuración de los presupuestos necesarios para la ejecución de estas infraestructuras.

El diseño de las redes consideró aspectos clave como el análisis de la topografía del terreno, la asignación eficiente de recursos y la integración de sistemas que optimicen la operación a largo plazo. La experiencia resaltó la importancia de la planificación detallada para evitar problemas futuros durante la ejecución, como fallas en el sistema hidráulico o sanitarias, y destacó la necesidad de una comunicación efectiva entre todos los equipos involucrados.

Se subraya la relevancia de la supervisión técnica durante las etapas iniciales de los proyectos, ya que esto permite garantizar la calidad, ajustar los diseños según las condiciones específicas del terreno y prever posibles desafíos constructivos. Finalmente, se recomienda continuar fortaleciendo las capacidades en la resolución de problemas y optimización de recursos, asegurando así un impacto positivo en el desarrollo de futuros proyectos de infraestructura.

Referencias Bibliográficas

- Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de proyectos* (5ta ed.). McGraw-Hill.
- Ching, F. D. K., & Winkel, S. R. (2018). *Building Codes Illustrated: A Guide to Understanding the 2018 International Building Code* (6th ed.). Wiley.
- Gómez, A., & Martínez, P. (2015). *Manual de Presupuestos y Control de Obras Civiles*. Editorial Alfaomega.
- Kalin, M., Weygant, R. S., Rosen, H. J., & Regener, J. R. (2011). *Construction Specifications Writing: Principles and Procedures* (6th ed.). Wiley.
- Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (12th ed.). Wiley.
- Pérez, J. C. (2004). *Planeación de obra*. Maestría en Gerencia de Proyectos de Construcción. Departamento de Ingeniería Civil. Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla.
- PMI. (2017). *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. EE. UU.: Project Management Institute, Inc.
- Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) - Seventh Edition*. Project Management Institute.
- Sapag, N. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos* (6th ed.). McGraw-Hill.
- C A C Construcciones Y Diseños S A S. (s. f.). Recuperado 11 de diciembre de 2024, de <https://empresite.eleconomistaamerica.co/CAC-CONSTRUCCIONES-DISENOS-SAS.html>
- DANE - Demografía y población. (s. f.). Recuperado 21 de julio de 2024, de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>
- Resolucion-0330-2017.pdf. (s. f.). Recuperado 21 de julio de 2024, de <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/resolucion-0330-2017.pdf>
- Sistemas de protección contra incendios /NFPA. (s. f.). Recuperado 11 de diciembre de 2024, de

<https://www.nfpa.org/es/education-and-research/fire-protection-systems>

Vélez, Á. U., Posada, C. C., & Pineda, C. M. (s. f.). *Presidente de la República de Colombia*.

Apéndice

Apéndice A. Contenido del trabajo de grado

“Los apéndices están disponibles en el Repositorio Institucional”