



**Revisión y seguimiento al diagnóstico, alternativas y diseño de redes de acueducto y
alcantarillado donde EPM presta sus servicios.**

Ingrid Jiménez López

Informe de práctica para optar al título de Ingeniera Sanitaria

Asesores

Yudy Andrea Londoño Cañas, Ingeniera Sanitaria, Msc, PhD en Ingeniería Ambiental.

Bryan Valderrama Muñoz, Ingeniero Sanitario, Especialista en Ingeniería de Sistemas Hídricos
Urbanos.

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental
Ingeniería Sanitaria
Medellín
2023

Cita	(Jiménez López, 2023)
Referencia	Jiménez López, I. (2023). <i>Revisión y seguimiento al diagnóstico, alternativas y diseño de redes de acueducto y alcantarillado donde EPM presta sus servicios</i> . [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

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

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano: Julio César Saldarriaga Molina.

Jefe departamento: Lina María Berrouët Cadavid.

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

Dedicatoria

Este logro lo dedico a mi familia; mis papás y mi hermana, por ser mis más sinceros admiradores, por creer en mí, por alentarme a seguir adelante a pesar de que las cosas se complicaran, por recordarme a diario que sí puedo, pues gracias a ese acompañamiento hoy les puedo decir que sí pude, que, aunque el proceso fue lento, sin ellos presentes no hubiera tenido éxito.

Agradecimientos

Agradezco a cada una de las personas del equipo de trabajo que me acompañó durante el período de prácticas, por orientarme en el proceso y estar dispuestos a compartir su conocimiento. A mis profesores, quienes fueron parte fundamental en mi formación como profesional, a mis compañeros y amigos que contribuyeron a mi crecimiento personal y académico. Por último, mi agradecimiento más sincero a la institución que me formó no sólo como profesional, sino también como persona, gracias Universidad de Antioquia

Tabla de contenido

1	Objetivos.....	13
1.1	Objetivo general	13
1.2	Objetivos específicos.....	13
2	Marco teórico.....	14
2.1	Criterios de diseño para el componente de acueducto.	16
2.2	Criterios de diseño para el componente de alcantarillado.....	18
3	Metodología.....	21
4	Resultados y análisis.....	24
4.1	Componente acueducto Circuito Orfelinato.....	24
4.1.1	Localización.	24
4.1.2	Investigación e inspección en campo del requerimiento.....	24
4.1.3	Diagnóstico de redes.	25
4.1.3.1	Ejecución de los nichos de investigación.	25
4.1.3.2	Longitudes para diseño y trazado.	26
4.1.4	Análisis de alternativas.....	28
4.1.4.1	Elección del método constructivo.....	29
4.1.4.2	Observaciones realizadas por la interventoría al análisis de alternativas suministrado por el contratista.	31
4.1.5	Determinación del diseño.....	31
4.1.5.1	Visita preliminar.	31
4.1.5.2	Descripción del diseño.....	32
4.1.5.3	Modelación hidráulica.	34
4.1.5.4	Resultados de la modelación hidráulica.	35
4.1.6	Observaciones realizadas por la interventoría al entregable de diseño suministrado por el contratista.....	38

4.2	Componente alcantarillado GPZN-1198.....	42
4.2.1	Localización.	42
4.2.2	Generalidades del requerimiento.....	42
4.2.3	Investigación e inspección en campo del requerimiento.....	43
4.2.4	Revisión de capacidad hidráulica.	44
4.2.4.1	Análisis de alternativas.	46
4.2.5	Determinación del diseño.....	47
4.2.6	Observaciones realizadas por interventoría al entregable suministrado por el contratista.	49
5	Conclusiones.....	54
6	Referencias.	55

Lista de tablas

Tabla 1	Comparación de criterios técnicos de diseño para la red de acueducto.....	17
Tabla 2	Comparación de criterios técnicos de diseño para la red de alcantarillado.	18
Tabla 3	Nichos ejecutados.	26
Tabla 4	Tramos descartados.	26
Tabla 5	Análisis preliminar del método constructivo tramo sector 1.	30
Tabla 6	Consolidado del diseño Circuito Orfelinato.	32
Tabla 7	Resumen de las redes en diseño.....	34
Tabla 8	Resumen hidrantes.....	34
Tabla 9	Proyecciones de acueducto Circuito Orfelinato suministrado por EPM el 16/01/2021. 34	
Tabla 10	Tiempos de entrega y revisión del proyecto Circuito Orfelinato.	41
Tabla 11	Televisación tramos del requerimiento.....	44
Tabla 12	Resultados RCH aguas residuales.	45
Tabla 13	Resultado análisis preliminar.....	46
Tabla 14	Longitud entre ejes de cámaras.....	48
Tabla 15	Resultados de la modelación hidráulica.	49
Tabla 16	Tiempos de entrega y revisión del proyecto GPZN-1198.	53

Lista de figuras

Figura 1. Flujograma de actividades para el componente de acueducto.....	21
Figura 2. Flujograma de actividades para el componente de alcantarillado.	22
Figura 3. Proceso de evaluación en cada proyecto.	23
Figura 4. Ubicación Circuito Orfelinato.	24
Figura 5. Localización nichos de investigación realizados.	25
Figura 6. Tramos descartados y tramos que continúan para diseño.....	28
Figura 7. Ubicación sectores en diseño.....	29
Figura 8. Mapa de isóbaras y consolidado de presiones en la red escenario 2019 diseño.	36
Figura 9. Mapa de isóbaras y consolidado de presiones en la red escenario 2050 diseño.	36
Figura 10. Velocidades en las tuberías y consolidado de velocidades en la red escenario 2019 diseño.	37
Figura 11. Velocidades en las tuberías y consolidado de velocidades en la red escenario 2019 diseño.	38
Figura 12. Ubicación	GPZN-1198. 42
Figura 13. Áreas tributarias de aguas residuales en el	GPZN-1198. 45
Figura 14. Ubicación de elementos en diseño.	48

Siglas, acrónimos y abreviaturas

IPID	Insurance Product Information Document
CCTV	Circuito Cerrado de Televisión
GPZN	Gestión Proyecto Menor de Alcantarillado Zona Norte
RCH	Revisión de Capacidad Hidráulica
EPM	Empresa Públicas de Medellín
PHD	Perforación Horizontal Dirigida
ANC	Agua No Contabilizada
AC	Asbesto Cemento
PEAD	Polietileno de Alta Densidad
HD	Hierro Dúctil
CIPP	Cured In Place Pipes
GNET	G/Technology Net Viewer

Resumen

Luego de la expedición de la ley No. 1968 de 2019 en la cual se prohíbe el uso de asbesto en el territorio nacional colombiano, surge el proyecto reposición redes de acueducto y alcantarillado en el Valle de Aburrá, a cargo del Grupo EPM, el cual tiene como objetivo la instalación de nuevas tuberías con materiales de reciente tecnología que permitan mejorar la calidad de vida de los usuarios. Este proyecto contempla el diagnóstico, diseño, construcción y reposición de las redes de acueducto y alcantarillado, acometidas y obras accesorias en 53 barrios de los municipios del Valle de Aburrá con la participación de cuatro grupos de contratistas y la interventoría a cargo de Aguas Nacionales EPM S.A. E.S.P. El presente trabajo contiene la revisión de diagnóstico, alternativas y diseños de dos proyectos; Circuito Orfelinato y GPZN-1198, los cuales se aprobaron por parte de la interventoría luego verificar que cumplieran con lo establecido en las normas técnicas de diseño de acueducto y alcantarillado de Empresas Públicas de Medellín E.S.P., además de los parámetros y criterios de diseño establecidos en la Resolución 0330 de 2017 y Resolución 0799 de 2021. Dicho ejercicio de revisión fue ejecutado bajo el acompañamiento de los ingenieros de diseño de la interventoría.

Palabras clave: Asbesto, Acueducto, Alcantarillado, Revisión, Diseño.

Abstract

After the enactment of Law No. 1968 of 2019, which prohibits the use of asbestos in the Colombian national territory, the project for the replacement of water and sewerage networks in the Valle de Aburrá emerges, under the responsibility of the Grupo EPM. The objective of this project is the installation of new pipelines with state-of-the-art materials to enhance the quality of life for users. This project encompasses the diagnosis, design, construction, and replacement of water and sewerage networks, connections, and ancillary works in 53 neighborhoods of the municipalities in the Valle de Aburrá, involving the participation of four contractor groups and oversight by Aguas Nacionales EPM S.A. E.S.P. This report includes the review of the diagnosis, alternatives, and designs of two projects, Circuito Orfelinato and GPZN-1198, which were approved by the oversight after ensuring they complied with the technical design standards of aqueduct and sewage of Empresas Públicas de Medellín E.S.P., as well as the parameters and design criteria established in Resolución 0330 (2017) and Resolución 0799 (2021). This review process was carried out with the guidance of the design engineers from the oversight.

Keywords: Asbestos, Aqueduct, Sewer, Review, Design.

Introducción

Las redes de acueducto y alcantarillado han permitido el desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida de la población, pues han sido herramientas claves para el acceso al agua potable y saneamiento básico respectivamente. Las redes de alcantarillado conforman un sistema compuesto por varias redes de tubería y obras complementarias que se encargan de recibir, conducir y evacuar las aguas residuales y aguas lluvias, mientras que las redes de acueducto permiten el transporte del agua desde el lugar de su captación hasta el punto de consumo, garantizando condiciones adecuadas de calidad, cantidad y continuidad.

Anteriormente, la fabricación de tuberías para acueducto y alcantarillado se realizaba con el material conocido como asbesto-cemento; una mezcla de cemento hidráulico inorgánico, agua y fibras de asbesto crisólito. A diferencia de las tuberías de cemento simple, las de asbesto-cemento ofrecían mejor calidad en cuanto a durabilidad del material, poco deterioro, inmunidad a las perforaciones, soporte a movimientos sísmicos y resistencia a los cambios de presión, y por ello era frecuente su uso. Sin embargo, a medida que transcurrió el tiempo se hizo notorio que la exposición a este material estaba trayendo consecuencias negativas en la salud de las personas que de alguna u otra forma estaban en contacto con el asbesto. Este material fue clasificado como cancerígeno humano reconocido por el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos (HHS), por la Oficina de Protección Ambiental (EPA) y por la Oficina Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC). La evidencia demostró que el asbesto causa mesotelioma, la forma más común de cáncer asociada con la exposición al asbesto (cáncer de las membranas delgadas que revisten el pecho y el abdomen), y cánceres de pulmón, de laringe y de ovario (IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans, 2012).

A raíz de esto, el Congreso de la República de Colombia expide la ley No. 1968 de 2019 en la cual prohíbe el uso de asbesto en el territorio nacional y se establecen garantías de protección a la salud de los colombianos y, además, mediante el artículo 3° de la presente ley, se establece la política pública para sustitución de asbesto instalado. Por tal motivo, surge el proyecto reposición redes de acueducto y alcantarillado en el Valle de Aburrá, a cargo del Grupo EPM, el cual tiene como objetivo la instalación de nuevas tuberías con materiales de reciente tecnología que permitan mejorar la calidad de vida de los usuarios. Adicional a esto, se pretende

reducir los daños que pueden ocasionar interrupciones no programadas del servicio y ampliar la capacidad que asegura la atención de una demanda creciente de agua potable y del transporte de aguas residuales. Este proyecto contempla el diagnóstico, diseño, construcción y reposición de las redes de acueducto y alcantarillado, acometidas y obras accesorias en 53 barrios de los municipios del Valle de Aburrá, con la participación de cuatro contratistas encargados cada uno de diferentes zonas; UT Redes AC SMA: zona noroccidental, Sanear S.A: zona nororiental, Consorcio Redes 2020: zona suroccidental y Consorcio C&C GAAL: zona suroriental, además de la interventoría a cargo de Aguas Nacionales EPM S.A. E.S.P. (Proyecto Reposición redes de acueducto y alcantarillado en el Valle de Aburrá, s. f.)

Dentro del desarrollo de este trabajo, está el apoyo a la revisión de diagnóstico, alternativas y diseños de dos proyectos que se encuentran en gestión por parte de la interventoría, además de toda actividad que contribuya con el plan de calidad de la empresa. Dentro de la revisión se encuentra una red de acueducto y una red de alcantarillado, en ambos servicios se ejecutan los diseños de las redes que EPM prioriza para reponer, ampliar o modernizar. Para dicha revisión, se tendrá en cuenta lo establecido en las normas técnicas de diseño de sistemas de acueducto y alcantarillado de Empresas Públicas de Medellín E.S.P., además de los parámetros y criterios de diseño establecidos en la resolución 0330 de 2017 Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y Resolución 0799 de 09 de diciembre de 2021.

1 Objetivos.

1.1 Objetivo general

Realizar la revisión al diagnóstico, alternativas y diseño de la reposición de redes de asbesto cemento para una red de acueducto y la revisión al diseño de una red de alcantarillado.

1.2 Objetivos específicos

- Revisar los entregables de diagnóstico, alternativas y diseño ejecutados por el contratista, incluyendo planos, informes y memorias de cálculo, verificando las omisiones a los criterios establecidos dentro de las normas de diseño de EPM y la resolución 0330 del 2017 y realizando seguimiento a los posibles incumplimientos en los que incurra el contratista en cuanto a los tiempos de entrega establecidos dentro del PDTI vigente del proyecto.
- Apoyar la labor administrativa del área de diseño relacionadas al registro de la información dentro de las bases de datos de la interventoría consignada en los entregables enviados por el contratista y las devoluciones con observaciones por parte del equipo de diseño de la interventoría.
- Elaborar informes semanales y mensuales donde estén consignadas las actividades ejecutadas y gestiones para el cumplimiento de los objetivos de cada proyecto, tanto por parte del contratista como de la interventoría.
- Consolidar información actualizada y necesaria para realizar control documental del proyecto, garantizando lo establecido en el plan de calidad de este.

2 Marco teórico.

Los proyectos que serán llevados a cabo en este trabajo consisten en la reposición de redes ya existentes que según sea el caso, serán reemplazadas debido a cambio de material, por deterioro de las tuberías o porque estas funcionan inadecuadamente afectando directamente a los usuarios. Lo anterior, se origina según las necesidades de EPM, quien matricula los proyectos que se asignan a los contratistas para el diseño y a la interventoría para el seguimiento, control, revisión y aprobación, lo anterior, fundamentado por principios básicos de matemáticas y por las condiciones físicas de la zona a intervenir, ambas consideraciones fundamentales para abordar la problemática y planteamiento de las soluciones.

Una vez identificada la necesidad, el proyecto pasa a la etapa de diagnóstico en la cual se realiza una investigación preliminar de la redes mediante consulta en base de datos e inspección en campo por medio de nichos de investigación; excavaciones que deben ser realizadas en el sitio las cuales permiten obtener la mayor cantidad información del sitio, material del subsuelo, características, estado de las redes existentes, y elementos estructurales que se encuentren bajo la superficie, esto con el fin de realizar un diseño adecuado de las redes de servicio. Posterior al diagnóstico, sigue la etapa de alternativas, en la cual se tienen en cuenta diferentes consideraciones para abordar la problemática como: Diferentes métodos constructivos, alternativas de trazado para los tramos críticos, alineamiento de la red y diámetros de construcción teniendo en cuenta una valoración Costo-Riesgo (metodología de análisis de alternativas establecida por EPM). Finalmente, se tiene la etapa de diseño, la cual debe contener el nuevo trazado de las redes, método constructivo ideal, planos de detalle de acuerdo con lo evaluado en las etapas anteriores y presupuesto, así como todas las consideraciones de detalle que finalmente permitan la ejecución de las obras civiles de manera integral.

Lo mencionado anteriormente, hace parte de las actividades ejecutadas por el contratista, dicha información es consolidada en documentos identificados como entregables y son proporcionados a la interventoría para su revisión. Aguas Nacionales EPM S.A E.S.P en la ejecución de sus labores como interventoría de los proyectos de diagnóstico, diseño, construcción y reposición de redes de acueducto y alcantarillado, acometidas y obras accesorias, donde EPM presta sus servicios, es quien se encarga de la supervisión técnica, administrativa y contractual de los diseños garantizando que se dé cumplimiento con lo establecido en los manuales de Normas de Diseño de Sistemas de

Acueducto de las Empresas Públicas De Medellín E.S.P, Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas De Medellín E.S.P y lo dispuesto en la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017 del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio (RAS) y la Resolución 0799 del 09 de diciembre de 2021 del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio.

Además del cumplimiento de la normatividad, el contratista debe desempeñar las actividades contenidas en el anexo técnico del contrato, donde están las especificaciones y condiciones que debe tener en cuenta en los diseños. Dentro de las actividades generales para realizar por el grupo de contratación se encuentran:

- Entregar una lista donde verifique que los productos o archivos que entrega estén completos, con el nombre del archivo y carpetas donde los puede localizar, de acuerdo con el cargue de estos productos en el aplicativo VAULT; medio oficial para las entregas de todos los productos de los diseños, en cada una de sus versiones.
- Tener en cuenta todas las redes y servicios existentes en la zona a intervenir para garantizar el trazado del diseño. El diseño detallado debe considerar las redes existentes en el modelo digital de aguas de EPM (GNET) y en el terreno, debido a que no todas las redes y elementos del modelo cuentan con la referenciación adecuada.
- Hacer la evaluación de tecnologías para la instalación de redes con zanja y sin zanja, de tal manera que se minimice el impacto social y económico con los procesos constructivos, debido a que las redes a cambiar pueden estar localizadas en sectores complejos, con uso de suelo comercial e institucional, vías con alto tráfico vehicular y/o una densa concentración de redes de servicios de acueducto, alcantarillado, energía, gas y teléfono.
- Presentar un informe con la valoración costo-riesgo-desempeño de los métodos constructivos seleccionados en cada caso, y con base en los resultados de este análisis proceder a realizar los diseños detallados con sus respectivas recomendaciones de construcción, memorias de cálculo, especificaciones generales y particulares, cantidades de obras y presupuesto, programas de ejecución (plazos y recursos a utilizar) y demás información requerida para la construcción de las obras.
- Diseñar en lo posible por zonas donde se evite la compra de servidumbres.
- Entregar diligenciadas las plantillas de referenciación que se encuentran en la página de EPM con las redes y elementos diseñados.

- Consultar información en las principales dependencias y entidades que interactúen en la zona de estudio: Secretaría del Medio Ambiente, Planeación Municipal, Autoridad Ambiental, Obras Públicas Municipales, Empresa de Desarrollo Urbano – EDU, Sistema integrado de transporte del Valle de Aburrá (Metro, Metroplus, Metrocable, Tranvía).

Lo antes descrito aplica de manera general para la red de acueducto y de alcantarillado, a continuación, se describen las actividades específicas para cada red, las cuales son llevadas a cabo según sea el caso. Además, vale aclarar que para los diseños se tiene en cuenta un criterio técnico mediante la revisión del cumplimiento de la normatividad mencionada anteriormente.

2.1 Criterios de diseño para el componente de acueducto.

De acuerdo con el anexo técnico, el contratista estará encargado de:

- Realizar topografía requerida para la ejecución del diseño detallado en redes con diámetro mayor o igual a 300 mm o en elementos que lo requieran.
- Hacer uso de los modelos hidráulicos de los circuitos suministrados por EPM mediante el software Bentley® WaterGEMS® con el propósito de diseñar el cambio de las redes considerando los diámetros indicados en los modelos, o modificando el diámetro existente de acuerdo con la directriz de EPM y cumpliendo con la normatividad vigente.
- Utilizar para las redes a cambiar material como el polietileno, en los respectivos diámetros comerciales; para las redes mayores de 300 mm, se deben considerar redes paralelas de mínimo 75 mm, donde se instalarán las acometidas de acueducto.

Además de las condiciones del pliego anteriormente mencionadas, los diseños de la reposición de redes de acueducto deben cumplir con una proyección de 30 años según lo establecido en la norma de diseño de acueducto de Empresas Públicas de Medellín E.S.P. y deben cumplir con lo presentado en la Tabla 1.

Tabla 1

Comparación de criterios técnicos de diseño para la red de acueducto.

COMPARACIÓN DE CRITERIOS TÉCNICOS DE DISEÑO		
Criterios técnicos	Norma de diseño de acueducto EPM	Resolución 0330 del 2017
Modelaciones hidráulicas	<ul style="list-style-type: none"> El modelo matemático se realiza con la ecuación de Darcy Weisbach y Colebrook- White. El modelo suministrado contiene; curvas de consumo, las demandas basadas en clientes, cotas del tanque, coeficientes de rugosidad, calidad del agua y presiones. 	<ul style="list-style-type: none"> El modelo matemático debe utilizar el método del gradiente. Debe modelarse con periodo extendido y con frecuencia horaria. Calibrar con valores de presión, caudal y niveles de tanque.
Localización de redes de distribución	<ul style="list-style-type: none"> Tuberías en alineamiento de alto flujo vehicular profundidad a la cota clave mínima de 1m. Si la tubería es necesario colocarla entre 0,60m y 1m de profundidad se debe hacer análisis estructural. La profundidad máxima a la cota clave es de 1,50m. Si se tienen alineamientos por pasos peatonales la profundidad mínima es de 0,60m. Si se tienen cruces de quebradas, ríos o canales se deben diseñar estructuras especiales. 	<ul style="list-style-type: none"> Tuberías menores o iguales a 12" (300 mm) deben estar separadas de los paramentos a una distancia horizontal mínima de 0,50 m. Tuberías mayores de 12" (300 mm) deberán ir por calzadas y tener un corredor libre de mantenimiento de mínimo 1 m lado a lado. La distancia mínima entre tuberías de acueducto y alcantarillado, en dirección horizontal 1 m y 0.30 m en la dirección vertical. Las profundidades mínimas a cota clave de la tubería de acueducto es de 1 m en la zona urbana y rural.
Presiones de servicio mínimas en la red de distribución	<ul style="list-style-type: none"> La presión dinámica mínima debe ser de 20 m.c.a. La presión estática máxima debe ser de 60 m.c.a 	<ul style="list-style-type: none"> La presión dinámica mínima en la red de distribución debe ser de 10 m.c.a. en sistemas con población de diseño hasta 12500 habitantes si la población supera estos habitantes se debe considerar presión mínima de 15 m.c.a.
Velocidad en las tuberías de distribución	<ul style="list-style-type: none"> La velocidad máxima en las tuberías de la red de distribución, no deben superar los 2.5 m/s. El diseño debe limitar la velocidad mínima de 0.5 m/s, correspondiente al Caudal Máximo Horario QMH en el momento de entrada de operación de la red. 	<ul style="list-style-type: none"> El diseño debe limitar la velocidad mínima a 0.5 m/s, correspondiente al caudal máximo horario (QMH) en el momento de entrada en operación de la red. (Título B, RAS 2000)
Pendientes mínimas de las tuberías de distribución	<ul style="list-style-type: none"> Cuando el aire acumulado tiende a circular en el sentido del flujo del agua, pendiente mínima de 0,04%. Cuando el aire fluye en el sentido contrario del flujo del agua, pendiente 	<ul style="list-style-type: none"> Cuando el aire circula en el sentido del flujo del agua, la pendiente mínima debe ser 0.04%. Cuando el aire circula en sentido contrario al flujo del agua, la

COMPARACIÓN DE CRITERIOS TÉCNICOS DE DISEÑO		
Criterios técnicos	Norma de diseño de acueducto EPM	Resolución 0330 del 2017
	mínima debe estar entre 0,1% y 0,15%.	pendiente mínima debe ser 0.1%. (Título B, RAS 2000)

Nota. Adaptado de Calderón Ospina (2022).

2.2 Criterios de diseño para el componente de alcantarillado.

El objetivo del componente de alcantarillado es diseñar una solución definitiva a la problemática entregada por EPM con el fin de optimizar el sistema existente. Partiendo de allí y de acuerdo con el anexo técnico, el contratista estará encargado de:

- Hacer uso de software libres EPASWMM, o cualquier otro que posea la herramienta adecuada para realizar la modelación y que sea compatible con los aplicativos de EPM.
- Determinar según el tipo de intervención física por implementar, reordenamiento de caudales o conservación de la distribución de estos, si los tramos por diseñar llevan a la construcción de tramos nuevos.
- Realizar los cálculos estructurales y geotécnicos requeridos tales como: muros de contención, viaductos, entre otros, en aquellos casos en los cuales se requieran.

Además de las condiciones del pliego anteriormente mencionadas, se tienen en cuenta los siguientes criterios de acuerdo con la normatividad mencionados en la Tabla 2.

Tabla 2

Comparación de criterios técnicos de diseño para la red de alcantarillado.

COMPARACIÓN DE CRITERIOS TÉCNICOS DE DISEÑO		
Criterios técnicos	Norma de diseño de alcantarillado EPM	Resolución 0330 del 2017
Localización de redes de alcantarillado	<ul style="list-style-type: none"> • La distancia vertical mínima libre entre las tuberías de alcantarillado aguas lluvias y aguas residuales con respecto a las tuberías de otras redes de servicio público debe ser como mínimo 0.50 m. • La distancia horizontal mínima de las redes de alcantarillado respecto a otras redes de servicio público debe ser: <ul style="list-style-type: none"> - Residuales – Agua Potable: 1,5 m. - Lluvias – Agua Potable: 1,0 m. - Redes alcantarillado – Otras redes: 1,5 m. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las distancias mínimas libres entre los colectores que conforman la red del sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y/o lluvias, y las tuberías de otras redes de servicios públicos deben ser 1,0 m en la dirección horizontal y 0,3 m en la dirección vertical, medidas entre las superficies externas de los dos conductos.

Criterios técnicos	COMPARACIÓN DE CRITERIOS TÉCNICOS DE DISEÑO	
	Norma de diseño de alcantarillado EPM	Resolución 0330 del 2017
Diámetro interno mínimo permitido	<ul style="list-style-type: none"> El diámetro interno real mínimo permitido en las redes de alcantarillado de aguas residuales es de 180 o 170 mm, en las redes de alcantarillado de aguas lluvias es de 215 mm, y para los sistemas de alcantarillado de aguas combinadas el diámetro nominal mínimo es de 250 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> El diámetro interno real mínimo permitido en redes de alcantarillado sanitario es 170 mm El diámetro interno real mínimo permitido en redes de alcantarillado pluvial y combinados es 260 mm.
Velocidad máxima y mínima	<ul style="list-style-type: none"> La velocidad máxima será de 5 m/s para tuberías de concreto, GRP y acero, y de 10 m/s para tuberías plásticas de polietileno y PVC. 	<ul style="list-style-type: none"> La velocidad máxima en los alcantarillados por gravedad no debe sobrepasar los 5,0 m/s.
Relación máxima de profundidad y diámetro de la tubería (y/D)	<ul style="list-style-type: none"> El valor máximo permisible para la profundidad contemplada en el diseño, tanto de red de aguas lluvias como de aguas residuales debe ser del 85% del diámetro real interno de cada una de las tuberías. Es importante aclarar que esta norma establece rangos de relación de llenado en función del diámetro de la red colectora, así: <ul style="list-style-type: none"> Menor a 500 mm: 70% (y/D). 500mm – 1000mm: 80% (y/D). Mayor que 1000mm: 85% (y/D). 	<ul style="list-style-type: none"> La relación máxima de la profundidad del flujo y el diámetro de la tubería del alcantarillado es de un máximo permisible de 93% con el caudal de diseño a flujo lleno (aguas lluvias). La relación máxima de la profundidad del flujo y el diámetro de la tubería del alcantarillado es de un máximo permisible de 85%, para permitir una aireación adecuada (aguas residuales).
Esfuerzo cortante o fuerza tractiva	<ul style="list-style-type: none"> La velocidad mínima real permitida en el colector de alcantarillado sanitario es aquella que genere un esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo de 1,5 N/m². 	<ul style="list-style-type: none"> La velocidad mínima real permitida en el colector de alcantarillado sanitario es aquella que genere un esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo de 1,0 N/m². La velocidad mínima real permitida en el colector de alcantarillado pluvial o combinado es aquella que genere un esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo de 2,0 N/m².
Anclajes por pendiente en tuberías de alcantarillado	<ul style="list-style-type: none"> Si la pendiente de la tubería es superior al 5%, para tuberías de superficie exterior lisa, o al 25% para tuberías de superficie exterior rugosa, se debe incluir anclajes necesarios para garantizar la estabilidad de la tubería. 	

Nota. Adaptado de Calderón Ospina (2022).

Es necesario aclarar que no se hizo comparación con la Resolución 0799 de 2021 ya que para los artículos de la Resolución 0330 de 2017 mencionados no hubo modificaciones en la última resolución, sin embargo, se debe garantizar que se dé cumplimiento con lo que esté estipulado en dicha normatividad.

3 Metodología.

La metodología empleada para llevar a cabo esta propuesta de grado se sustenta de las actividades que desarrolla el contratista para la elaboración de los diferentes entregables, además de toda la trazabilidad y gestión que estas conllevan tales como eventualidades o dificultades en el proceso. En las figuras 1 y 2 se describen dichas actividades para los componentes de acueducto y alcantarillado. Como se mencionó anteriormente, la revisión de los proyectos comprende tres etapas, por lo que se plantea un proceso de evaluación donde se abarque el seguimiento total de cada una.

Figura 1.

Flujograma de actividades para el componente de acueducto.

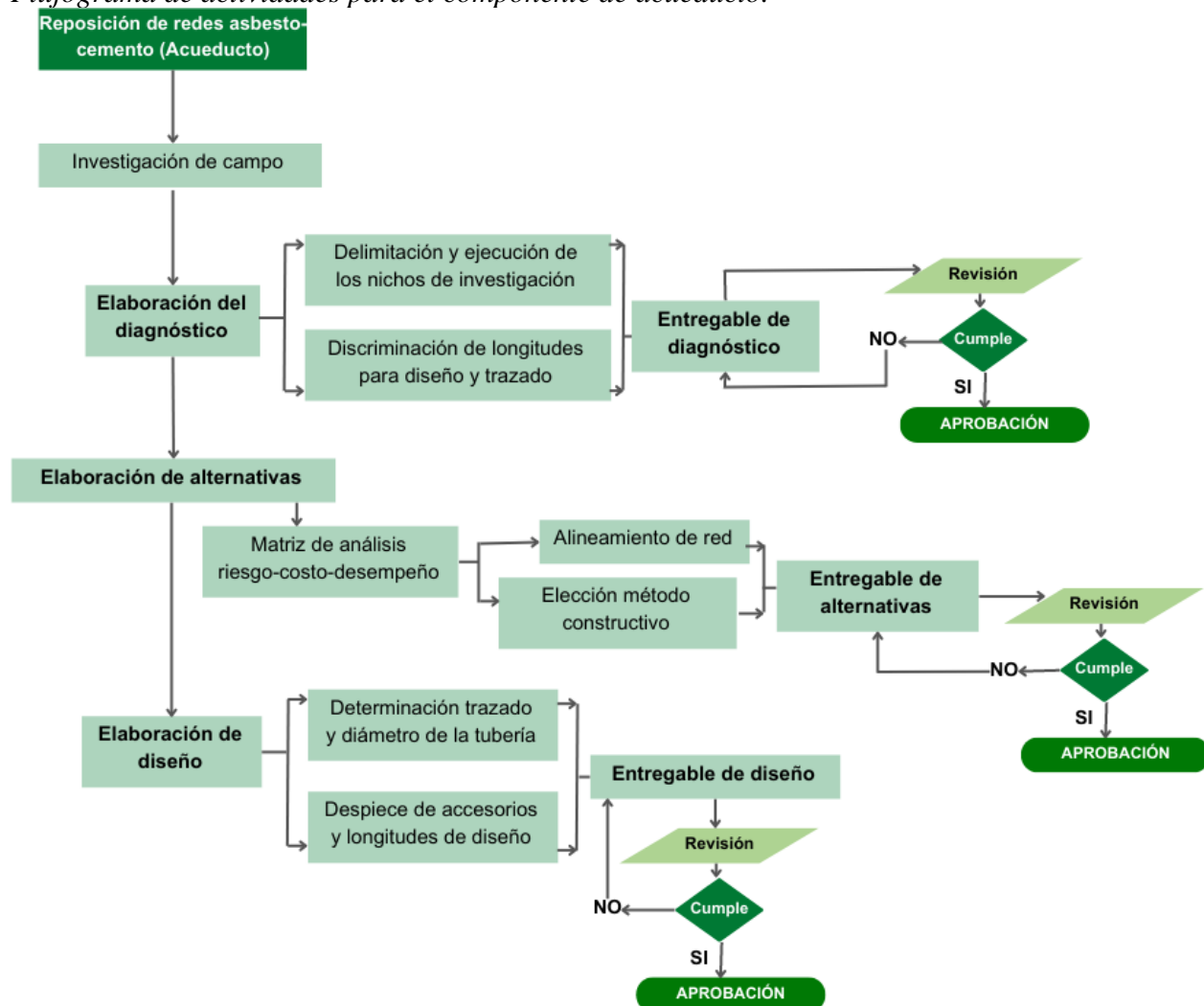
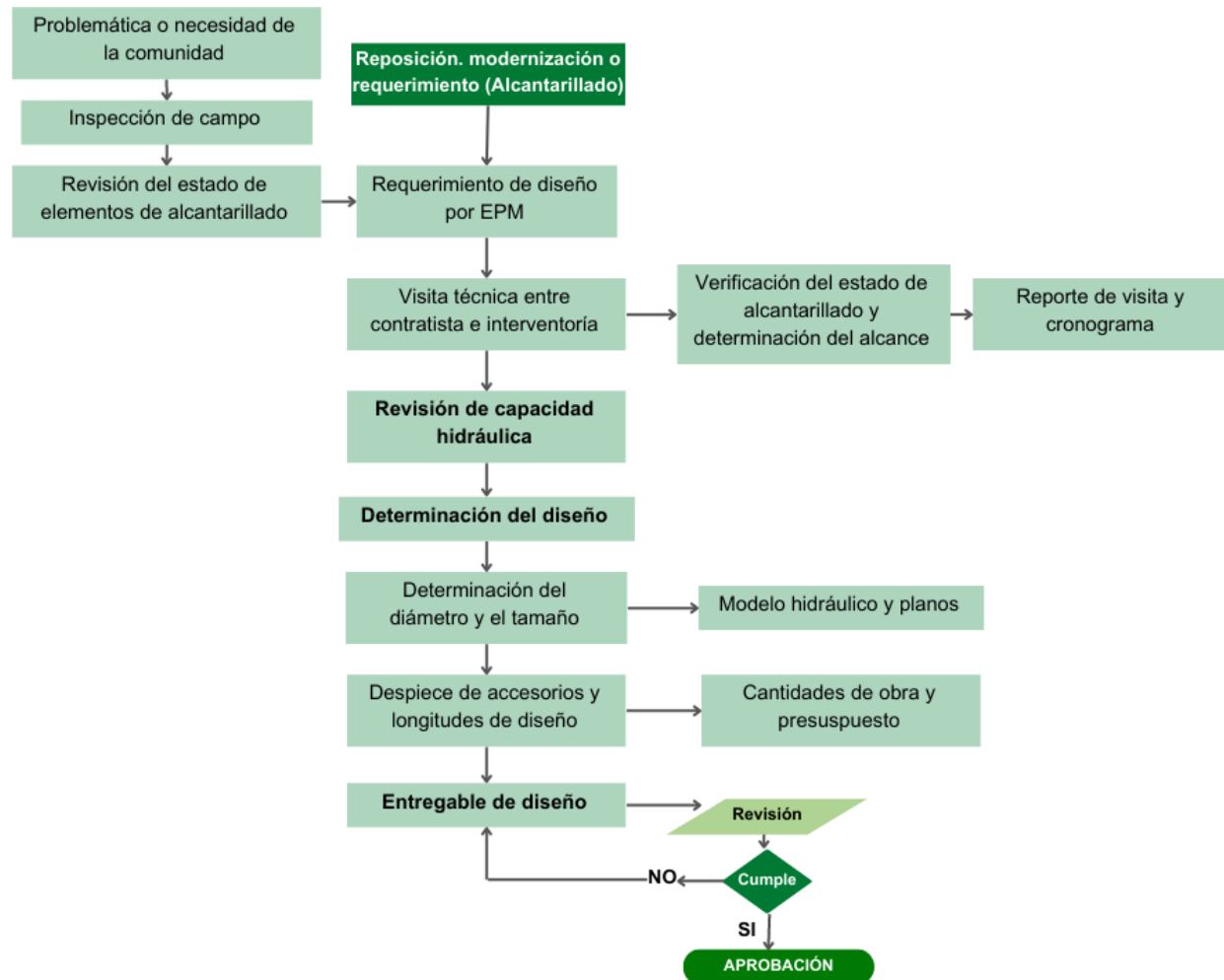


Figura 2.

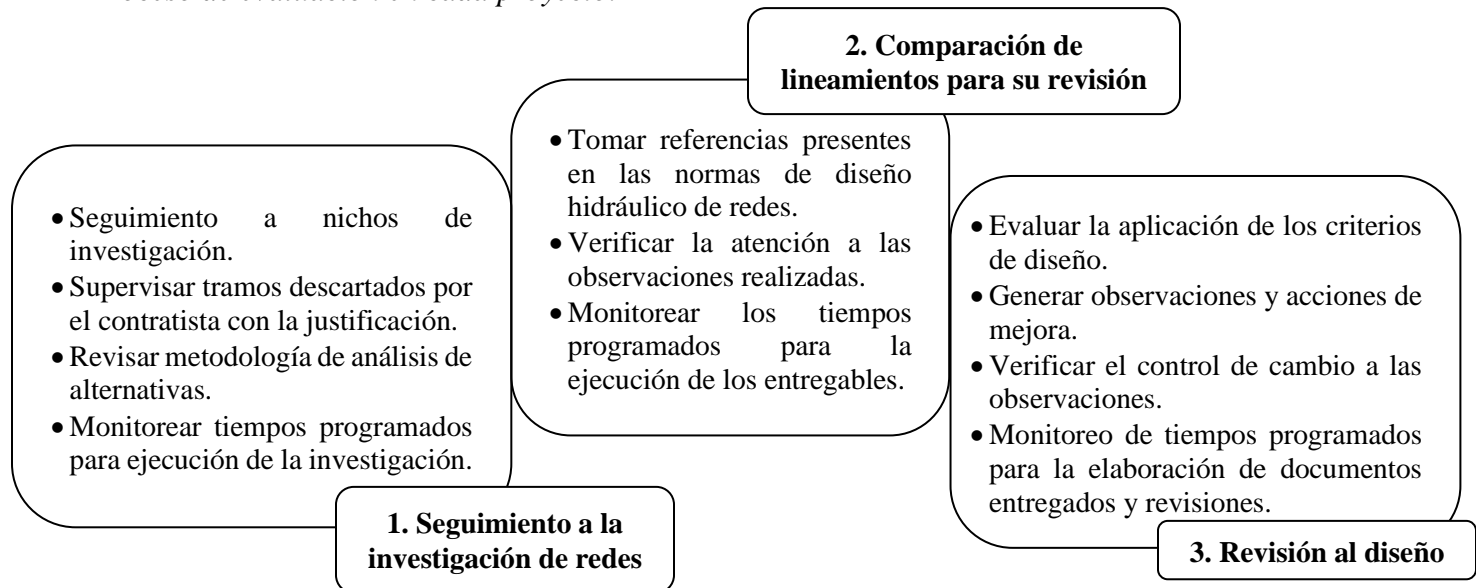
Flujograma de actividades para el componente de alcantarillado.



Teniendo en consideración los procesos anteriormente descritos para ambos componentes, en los cuales interactúan EPM, contratista e interventoría, se presenta a continuación en la figura 3, un esbozo de las actividades a seguir para este proyecto de prácticas, de manera que se consiga entregar sugerencias de acciones de mejora a los diseños entregados por el contratista mediante observaciones detalladas y la verificación de control de cambios a elementos técnicos encontrados en cada etapa.

Figura 3.

Proceso de evaluación en cada proyecto.



Nota. Adaptado de Calderón Ospina (2022).

4 Resultados y análisis.

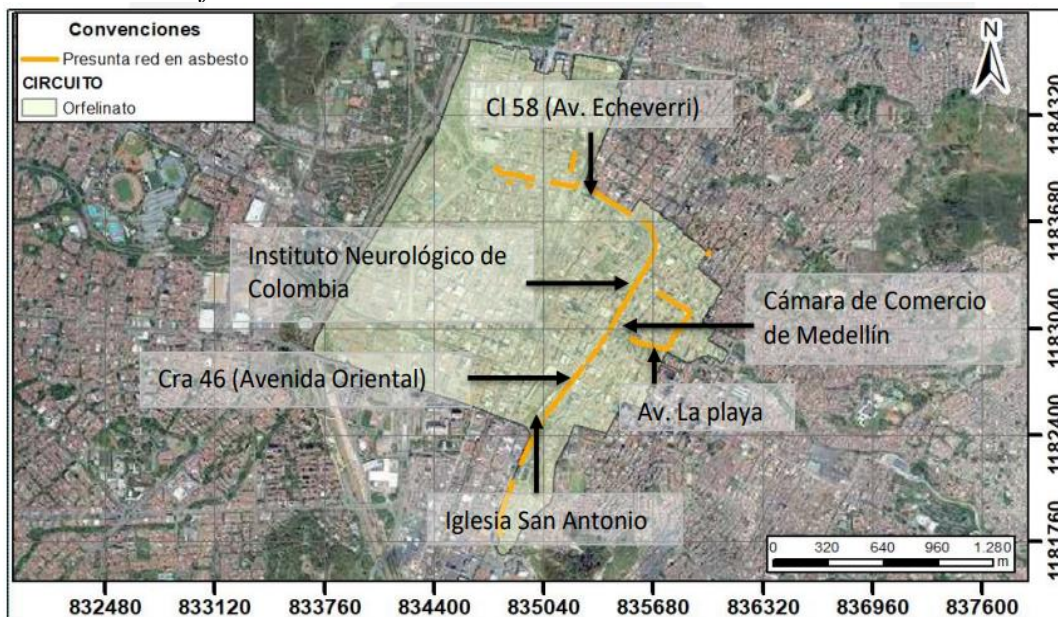
4.1 Componente acueducto Circuito Orfelinato.

4.1.1 Localización.

El área de estudio del Circuito Orfelinato se ubica en el municipio de Medellín, Antioquia en la dirección calle 58 entre CR 55, CR 47 y CR 49 entre calle 60 y calle 59, en el barrio La Candelaria. El diseño de este circuito consiste en la reposición de la red de acueducto por cambio de material de asbesto cemento a polietileno. Según la base de datos inicial suministrada por EPM en donde se presentan las posibles redes en asbesto cemento para el Circuito Orfelinato y a las cuales se les debe hacer investigación, la longitud total de este proyecto es de 3075,26 metros. A continuación, se muestra la ubicación del proyecto.

Figura 4.

Ubicación Circuito Orfelinato.



Nota. Fuente Sanear S.A (2021).

4.1.2 Investigación e inspección en campo del requerimiento.

- **Visitas preliminares:** Los días 02 de enero y 03 de febrero de 2021 se llevaron a cabo visitas de reconocimiento al proyecto. En dichas visitas se evidenció que la ubicación de válvulas y sumideros de la red de acueducto en algunos casos no concuerda con el modelo de redes de EPM, sin embargo, la ubicación de cámaras de inspección y elementos de la

red de acueducto concuerdan con el modelo de redes revisado previamente. También, se realizó la señalización de un total de 70 nichos de investigación y se marcaron nichos con distancias menores a 70m debido a que algunos puntos presentan discontinuidades en el material, procurando validar estos cambios de material, se plantearon nichos mas cercanos (Sanear S.A, 2021).

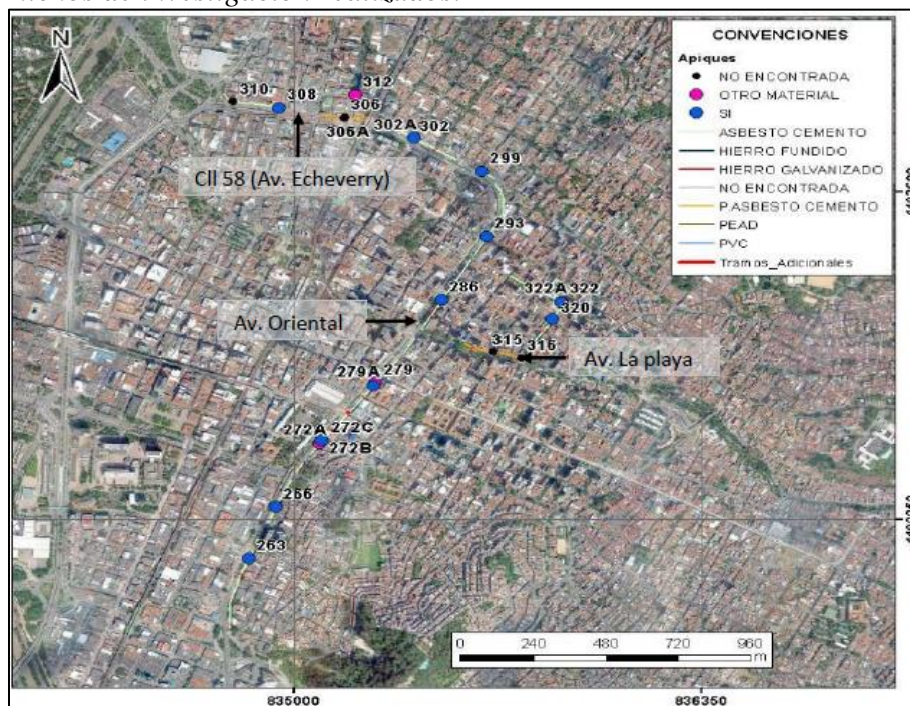
4.1.3 Diagnóstico de redes.

4.1.3.1 Ejecución de los nichos de investigación.

El objetivo de los nichos de investigación es verificar la ubicación de la tubería, material, diámetro, profundidad y validar si esta se encuentra en servicio. A pesar de que inicialmente en visitas preliminares se señalizaron 70 nichos, el contratista ejecutó un total de 22 nichos. Mediante la Figura 5 y la Tabla 3, se presenta la ubicación de los nichos de investigación realizados y un consolidado con las características de la tubería encontrada. De acuerdo con estos resultados, se concluyó que en 12 nichos de investigación se encuentra tubería de asbesto cemento, lo que representa una longitud de 2560,18 metros como objeto de reposición (Sanear S.A, 2021).

Figura 5.

Localización nichos de investigación realizados.



Nota. Fuente Sanear S.A (2021).

Tabla 3
Nichos ejecutados.

Material	Nº Nichos	%En la red
Asbesto cemento	12	54,55
Otro material	4	18,18
No encontrada	6	27,27
Total	22	100

Nota. Fuente Sanear S.A (2021).

4.1.3.2 Longitudes para diseño y trazado.

Teniendo en cuenta las redes encontradas en asbesto, el contratista descartó algunos tramos por diferentes causas, debido a que: eran tramos cortos, aislados, que no distribuían agua a alguna zona o que ya contaban con diseños paralelos según modelo de redes de EPM. Adicionalmente, después de la ejecución de los nichos se encontraron tuberías con materiales diferente a asbesto cemento (Sanear S.A, 2021) A continuación se presentan dichos tramos y las observaciones particulares para cada uno:

Tabla 4
Tramos descartados.

IPID asociado	Longitud (m)	Observaciones
9826421	0,96	Se descarta este tramo por estar aislado y tener una longitud corta, además la información reportada en GNET indica que en el año 2016 la zona fue intervenida y se retiraron redes de asbesto cemento.
9818580	11,66	Se descarta este tramo por estar aislado, en este tramo se observa la conexión entre el circuito Orfelinato y Limoncito; sin embargo, se presentan inconsistencias entre los shapes, GNET y el modelo, por lo que no es clara la conexión y se recomienda a la interventoría determinar si esta longitud será igualmente descartada para el circuito Limoncito.
4612266	0,92	Se descarta este tramo por ser corto y aislado, adicionalmente se ubica en una zona que cuenta con presencia de redes fuera de servicio.
2612946	117,33	Se descartan estos tramos, a pesar de encontrar asbesto cemento durante la ejecución del apique N° 308, realizado sobre el tramo con IPID 2613116, ya que según GNET estas tuberías cuentan con un diseño paralelo del proyecto Centro Parrilla. Además, según la respuesta recibida por parte de la interventoría vía correo electrónico el día 29/04/2021 se confirma que no se han construido y EPM cuenta con los diseños para pasar a etapa constructiva.
2613102	83,90	
4526102	12,46	
2613108	5,74	
2613116	7,37	
2613120	4,29	
4675944	1,91	
		Se descarta este tramo para diseño, ya que según el apique N° 312, realizado sobre el tramo con IPID 2617266, la tubería no es de Asbesto cemento sino en hierro fundido. Adicionalmente este

IPID asociado	Longitud (m)	Observaciones
2617266	100,45	tramo cuenta con un diseño paralelo del proyecto Centro Parrilla. Es importante resaltar que de acuerdo con la respuesta recibida por parte de la interventoría vía correo electrónico el día 29/04/2021, este tramo cuenta con diseño y debe pasar a etapa constructiva.
2615389	80,89	A pesar de que la ejecución de apiques N° 306 y 306A no fue concluyente, los nichos aledaños 302A y 308 encontraron material asbesto cemento, lo que permite asumir el material de esta tubería es Asbesto; sin embargo, se descarta este tramo, ya que esta tubería cuenta con un diseño paralelo del proyecto Centro Parrilla y de acuerdo a la respuesta recibida por parte de la interventoría vía correo electrónico el día 29/04/2021, estos tramos deben pasar a etapa constructiva y se cuenta con los planos en EPM.
2615417	18,22	
2615438	42,89	
2615449	9,60	
2615452	6,29	
4679801	1,51	Se descartan estos tramos, ya que son cortas derivaciones a hidrantes que no están asociadas a una red secundaria de asbesto a reponer.
2613365	3,68	
4675940	0,95	
2613143	3,35	
9799895	0,71	

Nota. Fuente Sanear S.A (2021).

Teniendo en cuenta los resultados de la tabla anterior, se obtuvo que de las presuntas redes en asbesto entregadas en la base de datos inicial se descartan 515,08m, los cuales no se incluirán en el diseño del presente contrato. A continuación, se muestra una imagen esquemática con los tramos que continúan para diseño y los tramos descartados y se evidencian los tramos a adicionar, por ser tramos cortos, inferiores a 5 m y ubicados en medio de las redes de asbesto a reponer, estos tramos a adicionar representan una longitud de 86,88 m (Sanear S.A, 2021).

Figura 6.

Tramos descartados y tramos que continúan para diseño.



Nota. Fuente Sanear S.A (2021).

Finalmente, teniendo en cuenta la longitud de los tramos efectivos para asbesto cemento de 2560,18 m y los tramos a adicionar de 86,88 m, la longitud de los tramos totales que pasan a diseño del Circuito Orfelinato es de 2647,06 m (Sanear S.A, 2021).

Este entregable de diagnóstico fue revisado y aprobado por la interventoría en el año 2021, fecha por fuera del período de prácticas en el que se desarrolló este trabajo, por lo tanto, para esta etapa del diseño no se recopilaron las observaciones realizadas por la interventoría, sin embargo, para las siguientes etapas correspondientes a alternativas y diseño si se presentarán.

4.1.4 Análisis de alternativas.

Teniendo en cuenta que el contratista consultó la base de datos que en un inicio suministró EPM durante la fase de diagnóstico del circuito Orfelinato, en el informe de diagnóstico se justificó mediante la explicación de lo encontrado en los nichos de investigación, pasar a diseño 2647,06 m de red determinada como material asbesto cemento. Sin embargo, EPM indicó al contratista que las redes que estaba proponiendo reponer, ya se encontraban rehabilitadas, tal como se indicaba en GNET, por lo que, en comité del 23 de diciembre de 2021, se estableció que sólo se continuaría con el diseño de la reposición de aproximadamente 208,9 m de longitud (Sanear S.A, 2023).

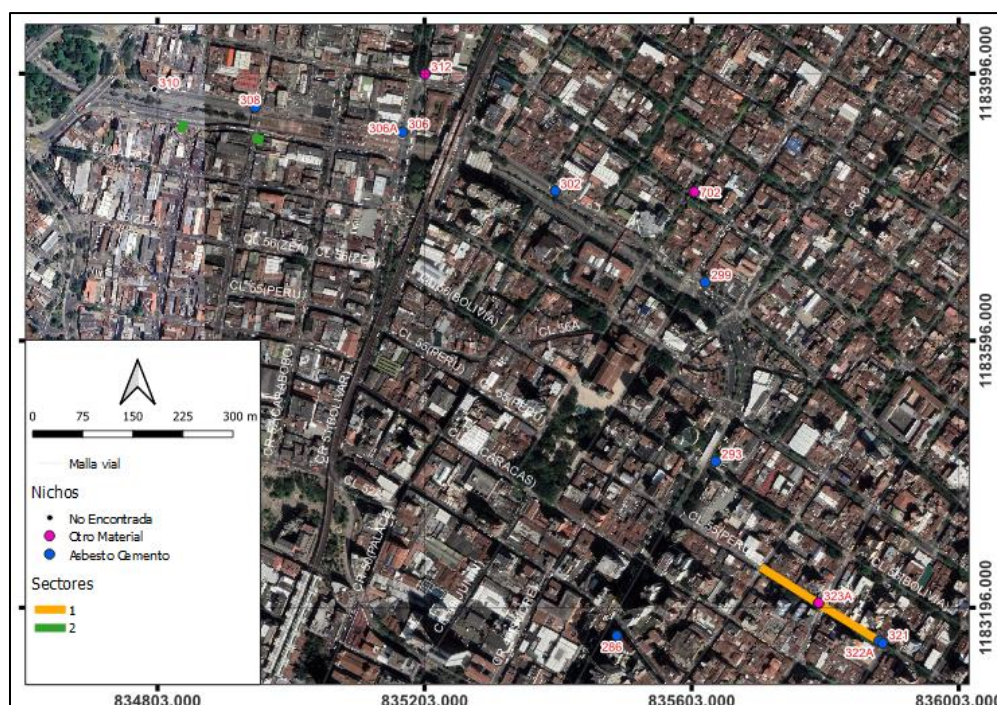
El informe de alternativas en su versión 1 fue entregado por el contratista en el mes de mayo de 2021, es decir, con la longitud inicial de 2647,06 m por lo que este análisis de alternativas que se muestra a continuación y el cual fue entregado en conjunto con el diseño del proyecto no corresponde a un entregable oficial como informe de alternativas, por el contrario, se consideró como soporte al informe de diseño presentado.

4.1.4.1 Elección del método constructivo.

El contratista dividió los tramos y longitudes que pasarían a diseño en dos sectores que constan de la reposición de las siguientes tuberías; **sector 1:** (CL 55 entre CR 42 y 45), tuberías IPID 2621354, 9889323, 2622333 y **sector 2:** (CL58 con CR 54 y CR 53 con CL 58), tuberías IPID 2613365, 4679801, 4675940, 2613143, 9799895.

Figura 7.

Ubicación sectores en diseño.



Nota. Fuente Sanear S.A (2023).

El contratista aclaró en el informe que en algunos tramos se encontraron obstáculos e interferencias con otras redes específicamente para los tramos del sector 1; sobre la calle 55 entre carreras 42 y 43, ya que sobre el costado norte de la vía actualmente pasan 3 redes, la red de

acueducto en asbesto de Ø 400 mm a reponer, una red de acueducto paralela en PEAD de Ø 90 mm y una red de alcantarillado en concreto clase 1 de Ø 400 mm correspondiente al colector sur quebrada La Aguadita, por lo que no es posible técnicamente realizar la instalación en este costado por el método de zanja abierta, pero buscando atender la recomendación específica contenida en las Normas de Diseño de Acueducto de EPM; “En el caso de redes nuevas, la tubería de la red de distribución de agua potable se debe localizar preferiblemente en los costados norte y oriente de las calles y carreras, exceptuando aquellas vías que lleven doble tubería”, se analizó para dichos tramos la posibilidad de realizar la instalación por metodología sin zanja, por lo que el análisis de alternativas corresponde específicamente a los tramos sobre la calle 55 comprendidos entre las carreras 42 y 43 (Sanear S.A, 2023).

Para realizar este análisis se consideraron las restricciones a que haya lugar para la aplicación de los distintos métodos constructivos en el tramo, teniendo en cuenta el tipo de vía a intervenir, las afectaciones a personas y/o a la comunidad en general, afectación ambiental o patrimonial, restricción por parte de autoridades para intervenir el pavimento y afectación a la estabilidad del terreno o estructuras. Este análisis se realiza mediante la aplicación de siete preguntas al tramo y teniendo en cuenta las respuestas será definido cual método de construcción es el adecuado para llevar a cabo el proyecto.

Tabla 5
Análisis preliminar del método constructivo tramo sector 1.

N°	Pregunta	Respuesta
1	¿Se puede aplicar la construcción mediante tecnología sin zanja?	No
2	¿Existe restricción por parte de una autoridad para intervenir el pavimento?	No
3	¿La cantidad de acometidas implica una reposición significativa del pavimento?	No
4	¿Se puede presentar afectación ambiental o patrimonial?	No
5	¿Se puede presentar afectación a la seguridad de las personas y/o a la comunidad en general?	Si
6	¿Es una vía arteria o principal con alto flujo vehicular, con impedimentos para hacer cierres y/o trabajos nocturnos?	No
7	¿Se puede presentar afectación a la estabilidad del terreno o estructuras?	Si
Verificación		Intervención con zanja

Nota. Fuente Sanear S.A (2023).

El contratista realizó el análisis y concluyó que el método constructivo más adecuado es la intervención con zanja abierta debido a que el análisis preliminar no avala la intervención sin zanja,

por lo cual no es necesario realizar un análisis detallado mediante la matriz “costo-riesgo”. El contratista manifestó que los principales factores que influyeron en el resultado de este método constructivo fueron:

- Las limitaciones de espacio debido a la presencia de múltiples redes sobre el alineamiento lo que no permite garantizar separaciones verticales ni horizontales adecuadas para la ejecución de la perforación.
- La presencia de otras redes en operación implica un nivel de complejidad alto para realizar la perforación, con lo que se presentan riesgos sobre la estructura existente y potenciales riesgos de afectaciones al suelo.
- La vía sobre la que se proyecta el alineamiento no es una vía principal ni arteria por lo que no se presentan limitaciones para realizar cierres parciales por lo que es posible realizar la instalación por método de zanja abierta.

4.1.4.2 Observaciones realizadas por la interventoría al análisis de alternativas suministrado por el contratista.

- La única observación realizada por la interventoría fue que debía entregar en la segunda versión del diseño del proyecto, el análisis y respuesta a las 7 preguntas que definen el tipo de intervención, observación que efectivamente fue atendida por el contratista, en la entrega de la segunda versión. El informe como tal no tuvo observaciones en cuanto al contenido y justificaciones presentadas, únicamente hubo observaciones referentes a redacción o errores de escritura.

4.1.5 Determinación del diseño.

El contratista procedió a analizar las longitudes de redes que pasan a diseño y se hallaron tramos en asbesto cemento en operación que son derivaciones existentes para alimentar hidrantes, motivo por el cual fueron incluidos para reposición y finalmente obtuvo una longitud total de redes a reponer de 214,29m.

4.1.5.1 Visita preliminar.

El día 06 de enero de 2023 se llevó a cabo visita preliminar entre contratista e interventoría al sector 1; localizado sobre calle 55 entre carreras 42 y 43. Durante esta visita se realizó lo siguiente:

- Se solicitó la apertura de la caja de la válvula de mariposa IPID 2622323 para corroborar el alineamiento de la red de asbesto a reponer con el fin de establecer si es posible diseñar la red sobre el mismo costado y ocupando solamente un carril, teniendo en cuenta además dentro de la proyección de la ocupación del carril el espacio requerido para la maquinaria a emplear, en caso que el espacio disponible para la red en diseño sea sobre el centro de la vía se debe considerar el cambio de costado para la primera cuadra.
- Se levantó la caja de teléfono en intersección de la CL 55 con la CR 43 y se concluyó que no sería posible un alineamiento recto desde la Cr 42 a la CR 45 por el costado sur debido a que el espacio que ocupa la caja de teléfono no permitiría el paso de la red de acueducto por este costado.
- Se planteó un análisis del cruce de la red proyectada de 500mm con la red de alcantarillado y la red de asbesto cerca de la carrera 43, validando con el proveedor y con el área de construcción, la disponibilidad de accesorios y factibilidad de realizar un doble empalme para red de 500mm en PEAD.

4.1.5.2 Descripción del diseño.

El diseño del circuito Orfelinato, se agrupó en dos sectores como se mencionó anteriormente; el sector 1 corresponde los tramos en asbesto cemento a reponer sobre la CL 55 entre las carreras 42 y 45 y el sector 2 corresponde a la reposición de dos hidrantes; 2613348 y 2613063 en CL58 con CR 54 y CR 53 con CL 58 debido a que según base de datos Gnet los tramos que alimentan dichos hidrantes están en material de asbesto cemento, sin embargo, antes de la ejecución se debe realizar validación mediante nichos de investigación.

Tabla 6

Consolidado del diseño Circuito Orfelinato.

Sector	Longitud diagnóstico (m)	Longitud real diseño (m)	Diámetros propuestos (mm)	Dirección
1	204,8	306,07	90, 180 y 500	CL 55 entre CR 42 y CR 45
2	9,49	9,86	180	CL58 con CR 54 y CR 53 con CL 58

Nota. Fuente Sanear S.A (2023).

El diseño pretende atender la recomendación de ubicar la red sobre el primer carril (costado norte y oriente de la vía) de acuerdo con lo estipulado en la norma de diseño y se busca conservar

los alineamientos actuales de las redes de acueducto a reponer. Sin embargo, como se mencionó anteriormente en el entregable de alternativas, se presentan interferencias sobre la calle 55 entre carreras 42 y 43 que imposibilitan la ubicación al costado norte, pero a pesar de ello el contratista durante el diseño consideró la instalación de la tubería en este tramo por medio de tecnología sin zanja, específicamente con perforación horizontal dirigida (PHD), teniendo en cuenta que inicialmente no habría lugar a reconexión de acometidas en este tramo, por existir ya una red paralela, pero se identificó que ésta presenta algunos inconvenientes que se derivan de la misma separación que hay entre las tuberías, lo que conlleva a una PHD con alto nivel de complejidad, que aunque es viable, requiere un alto grado de precisión para evitar que se presenten alteraciones sobre las otras redes que se encuentran sobre el mismo costado de la vía; lo que implica que al momento previo a la construcción del proyecto, se realicen nichos para corroborar en campo la ubicación real de las tuberías punto a punto, principalmente la tubería de asbesto que no cuenta con elementos visibles sobre la vía que permitan conocer con certeza el alineamiento exacto para determinar el espaciamiento con las demás redes y realizar los ajustes necesarios sobre el diseño de la perforación, ya que un ligero desvío respecto al diseño de la perforación puede generar interferencias e incluso daños sobre otras redes que en el momento se encuentren en operación. Teniendo en cuenta lo anterior, el contratista concluye que no es recomendable la instalación por medio de tecnología sin zanja por lo que propone realizar el diseño por el costado sur de la vía, por el cual no se presentan las interferencias mencionadas (Sanear S.A, 2023).

Debido al cambio de costado y a la proyección de los empalmes con la red existente se obtuvo una longitud mayor a la longitud de diagnóstico, por lo que finalmente se realizó el diseño para una longitud de 315,24m (en planta) y 315,93m (inclinada) principalmente en material PEAD PE100 PN16, tal como está definido en el anexo técnico (numeral 7.1.1), en cuanto a los diámetros se establecen entre 90 mm y 500 mm, verificando que se garantice la capacidad hidráulica de las tuberías y las velocidades máximas establecidas en la norma. Adicionalmente asegurando el suministro directo y adecuado del agua. A continuación, se presenta un resumen de las redes diseñadas:

Tabla 7

Resumen de las redes en diseño.

Componente	Material	Diámetro nominal	Longitud (m)
Red secundaria	PE100 PN16 (232PSI)	90mm	92,44
	PE100 PN16 (232PSI)	180mm	11,41
	PVC RDE 21	150mm	1,00
	PE100 PN16 (232PSI)	500mm	211,07

Nota. Fuente Sanear S.A (2023).

Tabla 8

Resumen hidrantes.

Sector	Label	Este	Norte	Diámetro (mm)	Color
2	H-201	834839,684	1183916,434	150	Amarillo
2	H-202	834953,434	1183897,268	150	Amarillo

Nota. Fuente Sanear S.A (2023).

4.1.5.3 Modelación hidráulica.

Para la elaboración del modelo hidráulico, EPM suministró al contratista las proyecciones de agua no contabilizada (ANC), clientes, consumo total, dotación neta y suministro desde el año 2019 hasta el año 2050, aunque dicha información no coincide con los escenarios del modelo hidráulico, suministrado también por EPM, si coincide el patrón de aumento de consumos donde en el 2019 está a menor demanda y la mayor en el año 2050. Dado que la información base es suministrada por EPM, no se realizó ningún análisis de caudales y población en el diseño.

Tabla 9

Proyecciones de acueducto Circuito Orfelinato suministrado por EPM el 16/01/2021.

Descripción	2019	2030	2040	2050
ANC	30%	29%	28%	28%
Dotación neta (m3/mes)	18,08	15,26	14,06	13,29
Clientes	28799,00	36852,00	41400,00	45129,00
Consumo total (L/s)	200,88	216,94	224,52	231,32
Suministro (L/s)	288,20	306,40	313,57	320,72

Nota. Fuente EPM (2021).

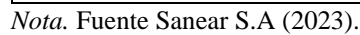
El contratista con base en los sectores definidos para reposición en la fase de diagnóstico y en el análisis de alternativas, llevó a cabo el siguiente procedimiento:

-
- Trazó el alineamiento verificando interferencias en planta con redes de otros servicios y en perfil en los sectores con diámetro mayor o igual a 200mm y una vez definido este alineamiento, más los accesorios necesarios, llevó esta información al modelo WaterGEMS.
 - Una vez en el modelo hidráulico, creó las alternativas para la simulación de estos campos: topología, demandas, condiciones físicas y finalmente creó los dos escenarios estudio; “2019 (Proyectado)ReposiciónSanear” y “2050ReposiciónSanear”.
 - Realizó la codificación de nodos y tramos, asignó los usuarios que demandan agua a cada nodo o accesorio proyectado para el escenario 2019, de modo que queden cargados a un nodo proyectado cercano al existente, para los nodos ingresó información tal como: elevación, localización (coordenadas) y tipo de accesorio, mientras que para las tuberías ingresó longitud definida por usuario, diámetro, material, coeficiente de fricción y coeficiente de pérdidas menores e inactivó las tuberías y nodos de la red existente en material asbesto cemento.
 - Finalmente corrió el programa, realizó verificación de parámetros hidráulicos, ajustó diámetros, accesorios, conexiones y cantidad de válvulas de acuerdo con los resultados y por último obtuvo datos para los nodos: presión dinámica (particularmente a la hora de máximo y mínimo consumo), cota piezométrica y para los sectores: caudal, velocidad, sentido de flujo, pérdidas por fricción y otras características.

4.1.5.4 Resultados de la modelación hidráulica.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la modelación, los cuales corresponden a los escenarios 2019 y 2050.

Mapa de isóbaras y consolidado de presiones en la red escenario 2019 diseño.



Mapa de isóbaras y consolidado de presiones en la red escenario 2050 diseño.

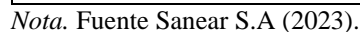


Figura 10.

Velocidades máximas

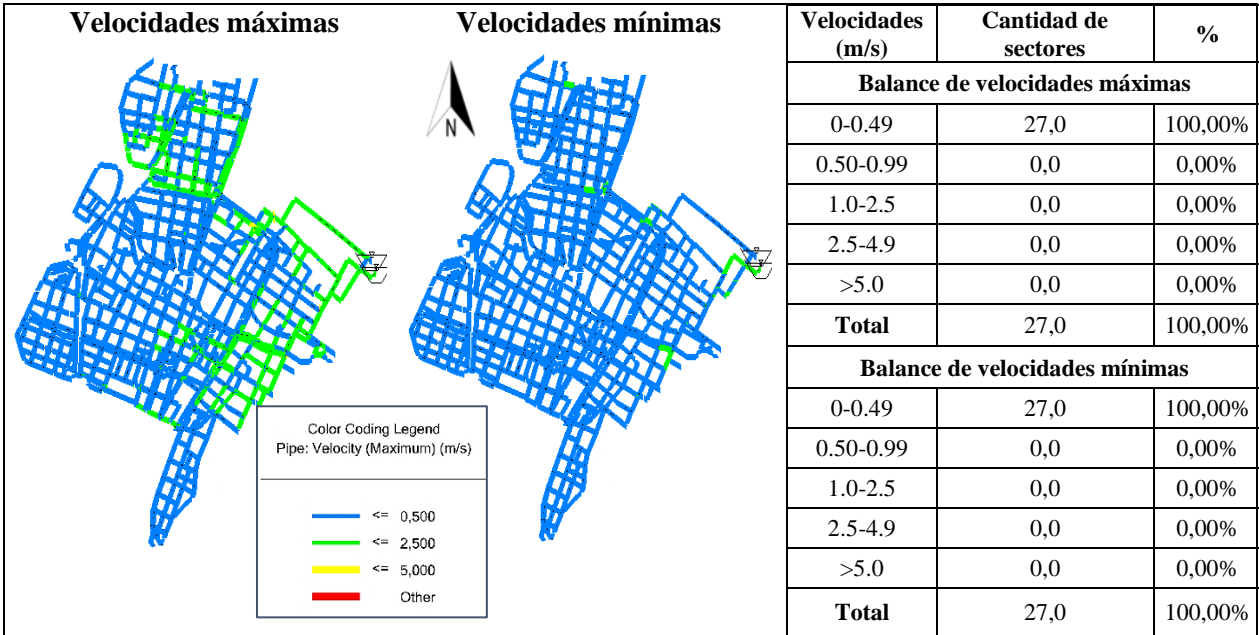
Velocidades mínimas

Color Coding Legend
Pipe: Velocity (Maximum) (m/s)

—	≤ 0,500
—	≤ 2,500
—	≤ 5,000
—	Other

Nota. Fuente Sanear S.A (2023).

Figura 11.
Velocidades en las tuberías y consolidado de velocidades en la red escenario 2019 diseño.















































Nota. Fuente Sanear S.A (2023).

Para ambos escenarios, tanto las velocidades máximas como mínimas de los tramos diseñados están dentro del rango óptimo, no se presentan velocidades mayores a 2,5 m/s, ni velocidades inferiores a los 0,5 m/s, lo anterior se ve reflejado en el 100% de los tramos diseñados.

De manera general, en ambos escenarios; siendo el año 2050 el más desfavorable, con las redes diseñadas se presentan rangos altos de presión, por ello se recomienda revisar y evaluar propuestas para optimizar el circuito, no se presenta alternativas para estos nodos, ya que no es el alcance de este proyecto (Sanear S.A, 2023).

4.1.6 Observaciones realizadas por interventoría al entregable de diseño suministrado por el contratista.

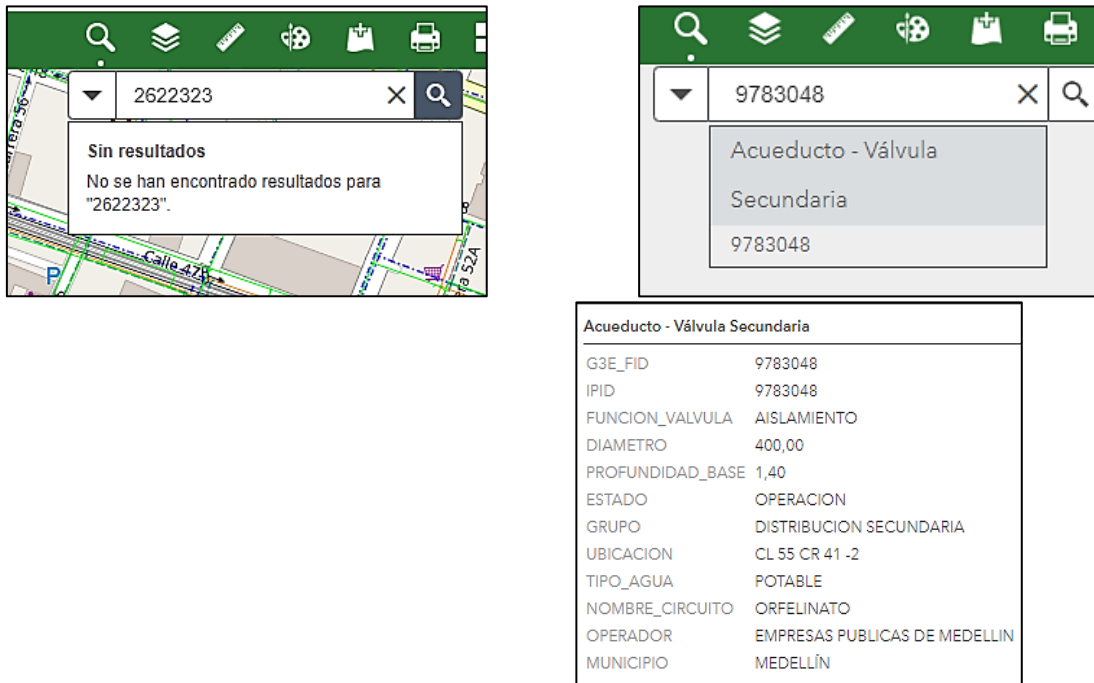
- Corregir algunas convenciones de dibujo ya que no coinciden con lo establecido en el manual de dibujo. Dicha observación fue atendida por el contratista entregando correctamente los planos antes de la aprobación del proyecto.

Plano presentado por contratista		Manual de dibujo EPM																
<div><div></div><div>Red secundaria aguas combinadas en operación</div></div>	<table><tr><th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th><th colspan="3">CONVENCIÓN</th></tr><tr><th>DISEÑO</th><th>OPERACIÓN</th><th>RETIRADA</th></tr><tr><td>RED SECUNDARIA AGUAS COMBINADAS</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>				DESCRIPCIÓN	CONVENCIÓN			DISEÑO	OPERACIÓN	RETIRADA	RED SECUNDARIA AGUAS COMBINADAS						
DESCRIPCIÓN	CONVENCIÓN																	
	DISEÑO	OPERACIÓN	RETIRADA															
RED SECUNDARIA AGUAS COMBINADAS																		
<div><div></div><div>Red de aguas lluvias en operación</div></div>	<table><tr><th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th><th colspan="3">CONVENCIÓN</th></tr><tr><th>DISEÑO</th><th>OPERACIÓN</th><th>RETIRADA</th></tr><tr><td>RED SECUNDARIA AGUAS LLUVIAS</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>				DESCRIPCIÓN	CONVENCIÓN			DISEÑO	OPERACIÓN	RETIRADA	RED SECUNDARIA AGUAS LLUVIAS						
DESCRIPCIÓN	CONVENCIÓN																	
	DISEÑO	OPERACIÓN	RETIRADA															
RED SECUNDARIA AGUAS LLUVIAS																		
<div><div></div><div>Red de energía en operación</div></div>	<table><tr><th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th><th colspan="2">CONVENCIÓN</th></tr><tr><th>DISEÑO</th><th>OPERACIÓN</th></tr><tr><td>RED DE ENERGÍA</td><td></td><td></td></tr></table>				DESCRIPCIÓN	CONVENCIÓN		DISEÑO	OPERACIÓN	RED DE ENERGÍA								
DESCRIPCIÓN	CONVENCIÓN																	
	DISEÑO	OPERACIÓN																
RED DE ENERGÍA																		
<div><div></div><div>Red de gas en operación</div></div>	<table><tr><th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th><th colspan="2">CONVENCIÓN</th></tr><tr><th>DISEÑO</th><th>OPERACIÓN</th></tr><tr><td>RED DE GAS</td><td></td><td></td></tr></table>				DESCRIPCIÓN	CONVENCIÓN		DISEÑO	OPERACIÓN	RED DE GAS								
DESCRIPCIÓN	CONVENCIÓN																	
	DISEÑO	OPERACIÓN																
RED DE GAS																		
<div><div></div><div>Válvula compuerta agua potable en operación</div></div> <div><div></div><div>Válvula compuerta agua potable en diseño</div></div>	<table><tr><th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th><th colspan="2">DISEÑO</th><th colspan="2">OPERACIÓN</th></tr><tr><th>SÍMBOLO</th><th>NOMBRE</th><th>SÍMBOLO</th><th>NOMBRE</th></tr><tr><td>Válvula compuerta en línea cerrada distribución agua potable</td><td></td><td>VCCDPD</td><td></td><td>VCCDPO</td></tr></table>				DESCRIPCIÓN	DISEÑO		OPERACIÓN		SÍMBOLO	NOMBRE	SÍMBOLO	NOMBRE	Válvula compuerta en línea cerrada distribución agua potable		VCCDPD		VCCDPO
DESCRIPCIÓN	DISEÑO		OPERACIÓN															
	SÍMBOLO	NOMBRE	SÍMBOLO	NOMBRE														
Válvula compuerta en línea cerrada distribución agua potable		VCCDPD		VCCDPO														
<div><div></div><div>Cruce con red eléctrica</div></div>	<div><div>Cruce energía</div><div></div><div>CRUENE</div></div>																	

- Corregir el rótulo del plano referente al levantamiento topográfico, puesto que está nombrado incorrectamente, a pesar de que la información allí contenida si pertenece al Circuito Orfelinato. Observación que fue atendida por el contratista en la entrega de la versión 2 del diseño.

, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y REPOSICIÓN DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO Y DESORIAS, DONDE EPM PRESTA SUS GRUPO 2. CONTRATO CW-106872-2020 ZONA NORORIENTAL VALLE DE ABURRÁ	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO GPZN 1034 DIRECCIÓN: CL 53 CR 41 - 52 BARRIO: BOSTON MUNICIPIO DE MEDELLÍN
--	--

- La caja de la válvula de mariposa con IPID 262232 que fue inspeccionada y a la que hace referencia el contratista en el informe técnico de diseño no existe en el Geoportal, en este punto la válvula es la correspondiente al IPID 9783048. Esta observación fue atendida por el contratista en la entrega de la versión 2 del diseño.



- Particularmente en el sector 2 del diseño, que considera la reposición de los tramos en asbesto cemento que alimentan los hidrantes, el contratista no aclara que se hará con los hidrantes ya existentes, por lo que es necesario que se haga claridad si en obra se revisará la condición de estos y determinar si es necesario reemplazarlos o no. El contratista atendió esta observación en la entrega de la versión 2 mediante la inclusión de nota en el plano: *“Previo a la construcción se debe verificar el estado de los hidrantes para determinar si es pertinente reponerlos”*.
- Revisar en el anexo de cálculo del coeficiente de pérdidas menores que se estén teniendo en cuenta todos los tramos en diseño puesto que no se tiene el cálculo para el tramo T138B, además de la asignación de estas en los tramos, puesto que para dicho tramo en el modelo se tiene asignado un coeficiente de 0.0197 pero al realizar el cálculo con la longitud del tramo se tiene otro valor. El contratista atiende esta observación en la entrega de la versión 2 agregando en el anexo los tramos faltantes, realizando los ajustes de acuerdo con la

verificación de cotas y longitudes y finalmente actualizando esta información en el modelo hidráulico.

- Presentar un análisis para respaldar que no es necesario realizar el cambio de elementos en estrangulamiento de 500mm a 400mm que se está proponiendo al realizar los empalmes 104 y 106, igual que las condiciones del modelo para los empalmes presentados con la válvula mariposa donde se da una reducción de 500mm a 400mm (Diámetro interno PEAD de 327.4mm) con el empalme a las tuberías de 400mm de acero de ingreso a la válvula m mariposa. Además, revisar resultados y las condiciones hidráulicas del circuito con este estrangulamiento. El contratista da su respuesta frente a esta observación manifestando que respecto a las estrangulaciones en los empalmes estas ya existían previamente ya que la transición de AC de 400mm a PEAD de 400mm implica una reducción en el empalme de la red en operación, al igual ocurre sobre los empalmes en la válvula de mariposa IPID 9783048 en la que la transición de AC a HD implica también un estrangulamiento. Finalmente, en el modelo hidráulico se comprobó que no se afectan las presiones que se mantienen en el rango óptimo y que las velocidades son menores a 0,5 m/s en estos puntos, sin embargo, este comportamiento ya se observaba antes de implementar la red diseñada y además que se priorizan las presiones sobre las velocidades.

Lo anterior descrito cumple con el objetivo del proyecto y luego de la interventoría verificar que el diseño de este se encuentra acorde al anexo técnico y normatividad vigente, esta emite el concepto de aprobado del proyecto con una longitud total de 315,24 metros, que pasarán a etapa de construcción. A continuación, se presenta el seguimiento de los diferentes entregables en cada una de sus versiones, además, de las revisiones realizadas por la interventoría:

Tabla 10

Tiempos de entrega y revisión del proyecto Circuito Orfelinato.

Entregable	Versión	Entrega	Revisión	Estado
Diagnóstico Circuito Orfelinato	1	04/05/2021	-	Devuelto
	2	28/05/2021	16/06/2021	Aprobado
Alternativas Circuito Orfelinato	1	24/05/2021	10/01/2023	Devuelto
	1	25/04/2023	02/08/2023	Devuelto
Diseño Circuito Orfelinato	2	16/08/2023	23/08/2023	Devuelto
	2.1	28/08/2023	05/09/2023	Devuelto
	2.2	06/09/2023	07/09/2023	Aprobado

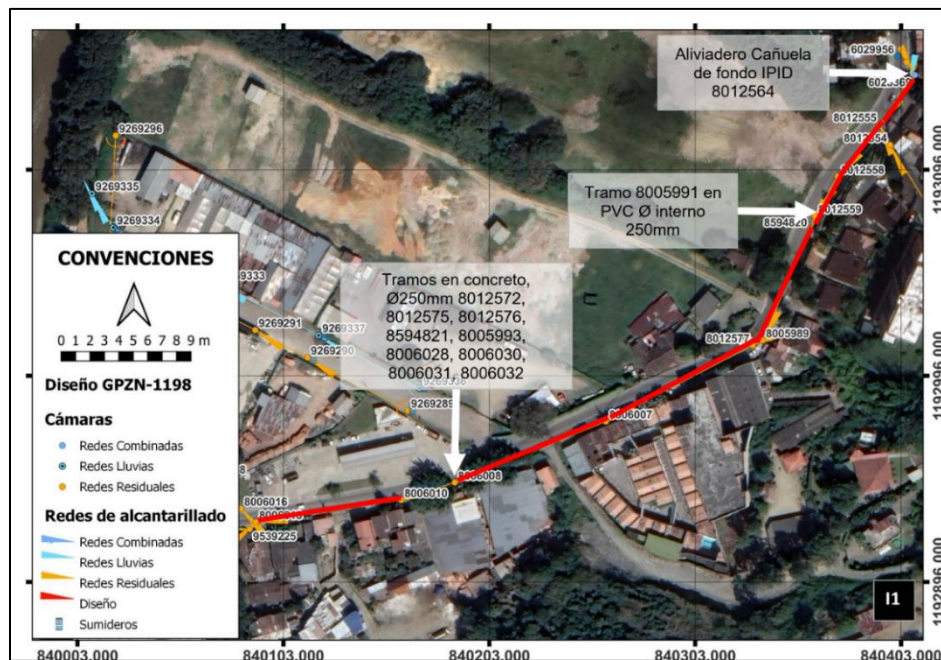
4.2 Componente alcantarillado GPZN-1198.

4.2.1 Localización.

El área de estudio del GPZN-1198 se ubica en el municipio de Copacabana, Antioquia en la dirección calle 49 #69-83, en el barrio La Misericordia. A continuación, se presenta la ubicación del proyecto.

Figura 12.

Ubicación GPZN-1198.



Nota. Fuente Sanear S.A (2023).

4.2.2 Generalidades del requerimiento.

Para atender lo solicitado por la comunidad, la cual manifiesta que en las redes de alcantarillado se presentan obstrucciones periódicas que generan afectaciones, se extraen raíces de las tuberías mediante atención con cortaraíces y equipos y aun así la problemática continúa. Por ello, se requiere analizar si se debe rediseñar y cambiar los tramos de red en el lugar. Por lo que el requerimiento de este GPZ consiste en realizar el diseño de la reposición de los tramos con IPID 8012572, 8012575, 8012576, 8005991, 8594821, 8005993, 8006028, 8006030, 8006031, 8006032, encontrados en mal estado por mantenimiento y CCTV EPMTV2696.

4.2.3 Investigación e inspección en campo del requerimiento.

- **Visitas preliminares:** Los días 01 de marzo de 2023 y 24 de marzo de 2023, se llevaron a cabo visitas de reconocimiento al proyecto, con un recorrido sobre la calle 46 entre carrera 69 y carrera 71, vía Machado – Copacabana en el barrio La Misericordia, siguiendo el alcantarillado existente y los elementos hidráulicos mencionados en el requerimiento. Se evidenció que las cámaras con IPID 8006016 y 8006018, pertenecientes a los elementos relacionados con la RCH no fueron encontradas ya que al parecer se encuentran debajo de un almacenamiento de madera, por lo que se definió que la RCH sería realizada con información de la base de datos. Se evidenció también que sobre la carrera 69 con la calle 46 se encontraban realizando la construcción de una red de acueducto (PA_N-214) en andén con cierre parcial de un carril. Adicional a ello, se observó una red de alcantarillado no convencional; la cual manifiesta la comunidad que fue construida por ellos mismos para descargar sus aguas residuales a la quebrada más cercana, al no obtener aprobación por parte de EPM para conectarse a la cámara con IPID 10024159 (Sanear S.A, 2023).
- **Diagnóstico:** Como parte de la etapa de diagnóstico; conocer las características, estado y conformación de las redes de alcantarillado existentes, posterior a la visita preliminar, el contratista solicitó a EPM, mediante la interventoría, la televisación de los tramos mencionados en el requerimiento, con el fin de conocer el estado de las redes y las acometidas existentes. Estos informes y vídeos de las televisaciones EPMTV2696 compilan una serie de imágenes donde se evidenció el mal estado de los tramos; estos presentan depósitos de concreto, presencia de raíces finas y gruesas, fracturas múltiples, acometidas penetrantes, acometidas con huecos, empozamientos, es decir, que los defectos encontrados son de gran importancia y comprometen el estado estructural y/o operacional del tramo inspeccionado (Sanear S.A, 2023). Dichas imágenes se pueden ver a continuación:

Tabla 11
Televisación tramos del requerimiento.

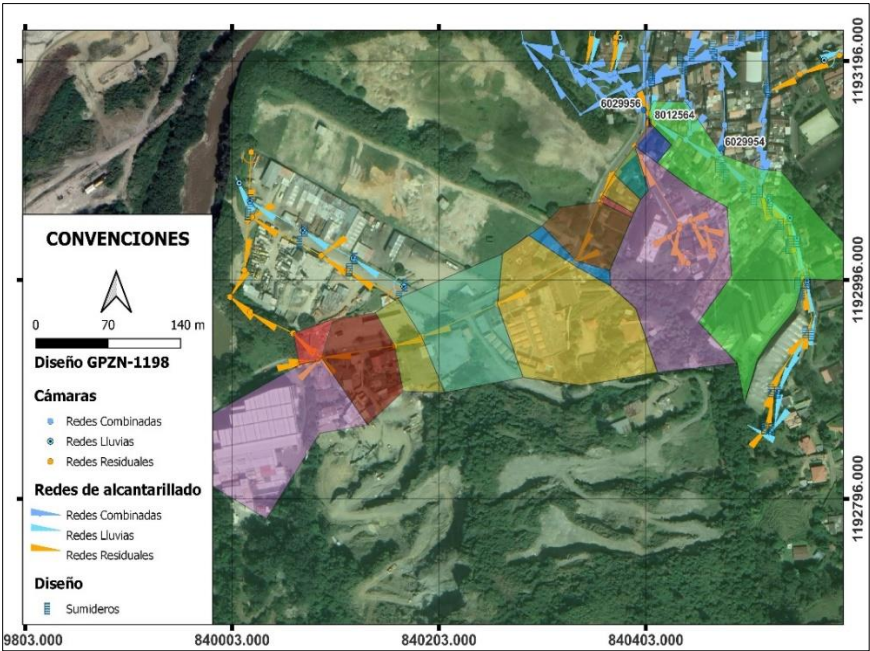
<div><div>Fecha: 21/03/2023 Distancia: 15.2 M Obs: Empozamiento Comentarios:</div><div><div>Observation: EMP (Empozamiento) Counter: 15.2 From: 0300 Remarks:</div><div><div>21.03.23 12:58 CL1: +0015.29 m</div></div></div></div>	<div><div>Fecha: 21/03/2023 Distancia: 2.1 M Obs: Raíces en Masa Comentarios:</div><div><div>Observation: RAM (Raíces en Masa) Counter: 2.1 From: 1212 Remarks:</div><div><div>21.03.23 14:20 CL1: +0002.11 m</div></div></div></div>
<div><div>Fecha: 21/03/2023 Distancia: 3.4 M Obs: Depósitos de Concreto Comentarios:</div><div><div>Observation: DEC (Depósitos de Concreto) Counter: 3.4 From: 1012 Remarks:</div><div><div>21.03.23 11:15 CL1: +0003.45 m</div></div></div></div>	<div><div>Fecha: 21/03/2023 Distancia: 8.7 M Obs: Acometida Daño Interno Comentarios: Con DEC.</div><div><div>Observation: ACDI (Acometida Daño Interno) Counter: 8.7 From: 1010 Remarks: Con DEC.</div><div><div>21.03.23 13:28 CL1: +0008.75 m</div></div></div></div>

Nota. Fuente Sanear S.A (2023).

4.2.4 Revisión de capacidad hidráulica.

El contratista una vez realizó la investigación de redes, trazó las áreas tributarias residuales y procedió a realizar el chequeo de la revisión de capacidad hidráulica (RCH) de la red actual, para verificar su funcionamiento.

Figura 13.
Áreas tributarias de aguas residuales en el GPZN-1198.



Nota. Fuente Sanear S.A (2023).

Luego de realizar el chequeo de la RCH se obtuvo que las redes cumplen con los parámetros de diseño que garantizan un adecuado funcionamiento, sin embargo, la televisación indica el mal estado de las redes. La RCH ejecutada por el contratista arrojó los resultados mostrados a continuación, además, concluyó que la problemática que se presentó en la red se basó en su antigüedad (1998 a partir de su instalación) y condiciones operacionales.

Tabla 12
Resultados RCH aguas residuales.

Cámara		Diámetro interno [mm]	Caudal de diseño [l/s]	YN/Ø		q/Q		Velocidad real		Fuerza tractiva		Tipo de flujo
Inicial	Final			Residual [adim]	Combinado [adim]	Residual [adim]	Combinado [adim]	Residual [m/s]	Combinado [m/s]	Residual [kg/m2]	Combinado [kg/m2]	
8012564	8012555	200	5,26	0,220	0,32	0,08	0,16	0,52	0,63	0,25	0,34	Subcrítico Inestable
8012555	8012558	250	7,33	0,210	0,26	0,07	0,11	0,65	0,74	0,38	0,46	Supercrítico Inestable

Cámara		Diámetro interno [mm]	Caudal de diseño [l/s]	YN/Ø		q/Q		Velocidad real		Fuerza tractiva		Tipo de flujo
Inicial	Final			Residual [adim]	Combinado [adim]	Residual [adim]	Combinado [adim]	Residual [m/s]	Combinado [m/s]	Residual [kg/m2]	Combinado [kg/m2]	
8012558	8012559	250	7,41	0,210	0,23	0,06	0,10	0,71	0,81	0,48	0,52	Supercrítico Inestable
8012559	8594820	284	7,43	0,130	0,15	0,02	0,03	1,37	1,56	1,06	1,21	Supercrítico
8594820	8005989	250	7,70	0,220	0,26	0,07	0,11	0,68	0,77	0,42	0,49	Supercrítico Inestable
8005989	8012577	250	7,75	0,190	0,21	0,05	0,07	0,95	1,06	0,91	0,99	Supercrítico
8012577	8006007	250	9,55	0,280	0,33	0,12	0,17	0,65	0,71	0,36	0,41	Subcrítico Inestable
8006007	8006008	250	10,6 3	0,230	0,28	0,09	0,13	0,91	0,99	0,68	0,81	Supercrítico Inestable
8006008	8006010	250	10,9 5	0,220	0,24	0,08	0,11	1,06	1,15	0,99	1,07	Supercrítico
8006010	8006013	250	11,5 7	0,270	0,31	0,12	0,16	0,86	0,93	0,61	0,69	Supercrítico Inestable
8006013	8006016	250	13,0 1	0,320	0,36	0,17	0,21	0,79	0,84	0,49	0,54	Supercrítico Inestable
8006016	8006018	250	13,1 2	0,220	0,24	0,09	0,11	1,28	1,37	1,38	1,49	Supercrítico

Nota. Fuente Sanear S.A (2023).

4.2.4.1 Análisis de alternativas.

Para realizar este análisis se consideraron las restricciones a que haya lugar para la aplicación de los distintos métodos constructivos en cada tramo, teniendo en cuenta el tipo de vía a intervenir, las afectaciones a personas y/o a la comunidad en general, afectación ambiental o patrimonial, restricción por parte de autoridades para intervenir el pavimento y afectación a la estabilidad del terreno o estructuras. El contratista realizó un análisis preliminar para cada uno de los tramos de interés y obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 13

Resultado análisis preliminar.

TIPO DE ALCANTARILLADO	TRAMO	VERIFICACIÓN
	8012564-8012555	Intervención con Zanja
	8012555-8012558	Intervención con Zanja
	8012558 - 8012559	Intervención con Zanja

TIPO DE ALCANTARILLADO	TRAMO	VERIFICACIÓN
Residual Reposición.	8012559 - 8594820	Intervención con Zanja
	8594820 - 8005989	Intervención con Zanja
	8005989 - 8012577	Intervención con Zanja
	8012577 - 8006007	Intervención con Zanja
	8006007 - 8006008	Intervención con Zanja
	8006008 - 8006010	Intervención con Zanja
	8006010 - 8006013	Intervención con Zanja

Nota. Fuente Sanear S.A (2023).

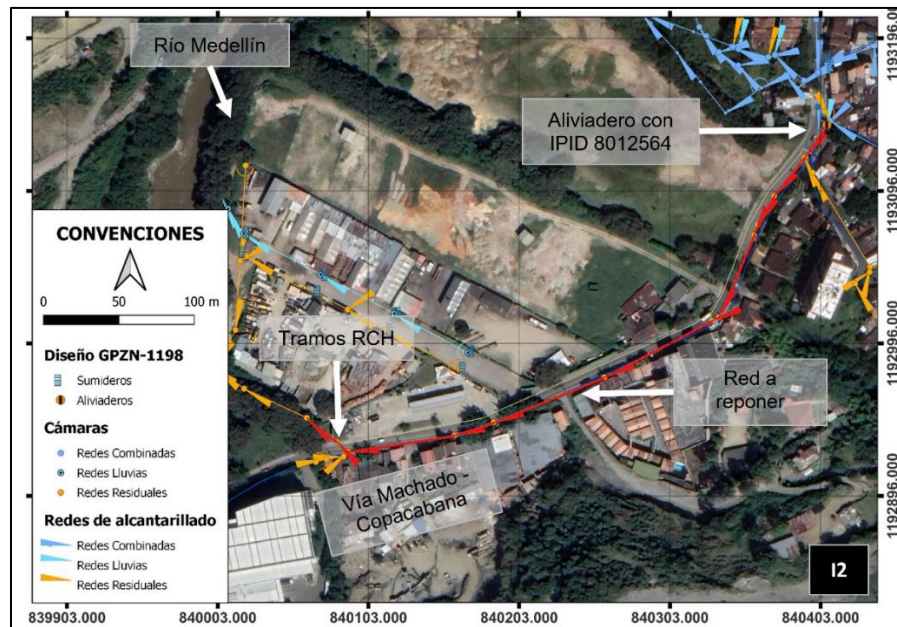
El contratista concluyó que, al ser un análisis determinante, no se requirió un análisis detallado mediante la matriz Costo-Riesgo, por lo tanto, definió que el método constructivo más adecuado es intervención con zanja. Dado que el enfoque de las alternativas presentado para el GPZN-1198 está direccionado a definir el método constructivo más eficiente para la reposición de las tuberías, las cuales se encuentran en vía y andén, las deficientes características físicas encontradas en las redes instaladas, inviabilizan el uso de metodologías de rehabilitación de tuberías como CIPP o Pipe Bursting, ya que condiciones de operación y estructural, impiden garantizar que la instalación de tuberías nuevas dentro de las existentes quede uniforme con profundidades y pendientes adecuadas.

4.2.5 Determinación del diseño.

Luego de realizado el diagnóstico y el análisis de alternativas, mediante las normas de diseño de sistemas de alcantarillado de EPM y los parámetros de diseño establecidos en el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-RAS (Ministerio de Vivienda Ciudad y territorio, 2017), el contratista realizó los cálculos hidráulicos de las redes de alcantarillado a diseñar. Los componentes incluidos en este diseño son diez tramos; ocho de los tramos se encuentran en vía y dos en andén. Los tramos a diseñar se presentan a continuación:

Figura 14.

Ubicación de elementos en diseño.



Nota. Fuente Sanear S.A (2023).

De acuerdo con el requerimiento, es necesario realizar la reposición de los tramos de la red de alcantarillado residual con IPID 8012572, 8012575, 8012576, 8005991, 8594821, 8005993, 8006028, 8006030, 8006031, 8006032, no se implementa un nuevo alineamiento horizontal, sin embargo, se cambian las cámaras excéntricas por concéntricas y se proyectan las redes por la vía y el andén. Se tiene un total de 10 cámaras de inspección de 1,20m, ubicadas en las mismas coordenadas a las existentes, por tanto, las cámaras con IPID 8012555, 8012558, 8012559, 8594820, 8012577, 8006007, 8006008, 8006010 y 8006013 y las tuberías con IPID 8012572, 8012575, 8012576, 8005991, 8594821, 8005993, 8006028, 8006030, 8006031 y 8006032 saldrán de operación dada la implementación de este diseño (Sanear S.A, 2023). En la siguiente tabla se muestra la longitud entre ejes de cámara a reponer.

Tabla 14

Longitud entre ejes de cámaras.

Componente	Material	Diámetro	Longitud entre ejes (m)
Red secundaria residual	PVC-S8	182 mm	25,49
Red secundaria residual	PVC-S8	227 mm	54,63
Red secundaria residual	PVC-S8	284 mm	329,01
Total, Red secundaria	PVC-S8	-	409,13

Nota. Fuente Sanear S.A (2023).

El contratista realizó la modelación hidráulica de las redes proyectadas; 10 tramos y 2 tramos adicionales para chequeo hidráulico, mediante hoja de cálculo en Excel y EpaSWMM y de acuerdo con los resultados obtenidos observó que los parámetros de diseño para los tramos propuestos cumplen con los criterios normativos establecidos por EPM, indicados en el manual de diseño.





































Tabla 15
Resultados de la modelación hidráulica.

Cámara		Caudal de diseño	Profundidad clave		Y_N / \emptyset	Caudal a tubo lleno	q/Q_s	Velocidad real	Fuerza tractiva τ	Tipo de flujo
Inicial	Final		Inicial	Final						
		[l/s]	[m]	[m]	Residual [adim]	Residual [L/s]	Residual [adim]	Residual [m/s]	Residual [kg/m ²]	
8012564	C2	5,26	1,14	0,52	0,210	34,95	0,07	0,67	0,21	F. Supercrítico Inestable
C2	C4	7,33	1,66	1,25	0,210	71,83	0,06	0,85	0,33	F. Supercrítico
C4	C6	7,41	1,31	1,20	0,200	77,44	0,06	0,90	0,37	F. Supercrítico
C6	C8	7,43	1,20	1,29	0,140	205,87	0,02	1,16	0,72	F. Supercrítico
C8	8005989	7,70	1,45	1,72	0,170	135,47	0,04	0,88	0,37	F. Supercrítico
8005989	C10	7,75	1,80	1,78	0,150	188,52	0,03	1,11	0,64	F. Supercrítico
C10	C12	9,55	2,78	1,68	0,200	126,00	0,05	0,91	0,37	F. Supercrítico
C12	C14	10,63	1,78	1,27	0,190	159,20	0,05	1,13	0,57	F. Supercrítico
C14	C16	10,95	1,37	1,57	0,180	204,81	0,04	1,36	0,90	F. Supercrítico
C16	C18	11,57	1,68	1,62	0,200	148,30	0,06	1,09	0,52	F. Supercrítico
C18	8006016	13,01	2,71	2,73	0,330	57,96	0,18	0,75	0,44	F. Subcrítico Inestable
8006016	8006018	13,12	2,96	1,36	0,230	119,23	0,09	1,26	1,37	F. Supercrítico

Nota. Fuente Sanear S.A (2023).

4.2.6 Observaciones realizadas por interventoría al entregable suministrado por el contratista.

- Algunas convenciones de dibujo utilizados en los planos del contratista no coinciden con lo establecido en el manual de dibujo.

Plano presentado por contratista		Manual de dibujo EPM													
<div><div></div><div>Red secundaria aguas combinadas en operación</div></div>		<table><tr><th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th><th colspan="3">CONVENCIÓN</th></tr><tr><th>DISEÑO</th><th>OPERACIÓN</th><th>RETIRADA</th></tr><tr><td>RED SECUNDARIA AGUAS COMBINADAS</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>			DESCRIPCIÓN	CONVENCIÓN			DISEÑO	OPERACIÓN	RETIRADA	RED SECUNDARIA AGUAS COMBINADAS			
DESCRIPCIÓN	CONVENCIÓN														
	DISEÑO	OPERACIÓN	RETIRADA												
RED SECUNDARIA AGUAS COMBINADAS															
<div><div></div><div>Quebradas</div></div>		<table><tr><td>LÍNEA DE QUEBRADA</td><td></td><td></td></tr></table>			LÍNEA DE QUEBRADA										
LÍNEA DE QUEBRADA															
<div><div></div><div>Red secundaria aguas residuales en diseño</div></div> <div><div></div><div>Red secundaria aguas residuales en diseño</div></div>		<table><tr><th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th><th colspan="3">CONVENCIÓN</th></tr><tr><th>DISEÑO</th><th>OPERACIÓN</th><th>RETIRADA</th></tr><tr><td>RED SECUNDARIA AGUAS RESIDUALES</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>			DESCRIPCIÓN	CONVENCIÓN			DISEÑO	OPERACIÓN	RETIRADA	RED SECUNDARIA AGUAS RESIDUALES			
DESCRIPCIÓN	CONVENCIÓN														
	DISEÑO	OPERACIÓN	RETIRADA												
RED SECUNDARIA AGUAS RESIDUALES															
<div><div></div><div>Red de gas en operación</div></div>		<table><tr><th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th><th colspan="2">CONVENCIÓN</th></tr><tr><th>DISEÑO</th><th>OPERACIÓN</th></tr><tr><td>RED DE GAS</td><td></td><td></td></tr></table>			DESCRIPCIÓN	CONVENCIÓN		DISEÑO	OPERACIÓN	RED DE GAS					
DESCRIPCIÓN	CONVENCIÓN														
	DISEÑO	OPERACIÓN													
RED DE GAS															
<div><div></div><div>Límite circuito</div></div>		<table><tr><td>LÍMITE DE CIRCUITO</td><td></td><td></td></tr></table>			LÍMITE DE CIRCUITO										
LÍMITE DE CIRCUITO															

- Se tienen industrias y empresas en la zona que quedaron contempladas dentro de la determinación de las áreas tributarias y el contratista no las especificó como aportes industriales.



El contratista atiende esta observación, en la entrega de la versión 2 del proyecto indicando en el plano las empresas Calorcol S.A.S y Estibas y Maderas de Antioquia SAS, además de ajustar los cálculos en las memorias, de acuerdo con el numeral 5.2.3.2 Caudal de aguas residuales industriales de las Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín E.S.P, el cual indica que “En el caso de que existan

industrias pequeñas localizadas en zonas residenciales o comerciales de los municipios operados por EPM se debe utilizar una contribución de caudal industrial de 1.5 L/s ·ha ind”

- De acuerdo con el numeral 5.2.15 Profundidad mínima a la cota clave de las tuberías de las Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín E. S. P, el valor mínimo permisible, en todos los casos, es de 1.20 m. En la modelación hidráulica para el tramo 8012564 – C2 no se cumple con la profundidad mínima y la norma indica que: “Para aquellos casos especiales en los cuales existan problemas de drenaje, el valor mínimo permisible puede reducirse, estableciendo las previsiones estructurales y geotécnicas que garanticen una efectiva protección de las tuberías.” Con base en esto, el contratista no indicó en las memorias de cálculo conceptos estructurales y geotécnicos de cuál sería la protección para este caso.

Cámara		Caudal de diseño [l/s]	Profundidad clave		Y_N / \emptyset [adim]	Caudal a tubo lleno [L/s]	q/Q_s [adim]	Velocidad real [m/s]	Fuerza tractiva τ [kg/m ²]	Tipo de flujo
Inicial	Final		Inicial	Final						
8012564	C2	5,26	1,14	0,52	0,210	34,95	0,07	0,67	0,21	F. Supercrítico Inestable

El contratista en la entrega de la versión 2, manifestó que, al requerir conservar esta profundidad, propone cimentación E1 para un 50% del tramo; esta cimentación aplica para profundidades entre 0.60 y 0.90 metros, sin embargo, en una segunda revisión por la interventoría, esta solicitó al contratista revisar la cimentación E1, pues no cumple para el tramo 8012564-C2 ya que se tiene una profundidad a clave de 0.52m, menor al rango establecido para la cimentación mencionada. En respuesta a ello, el contratista propuso que para las profundidades comprendidas entre 1,14m y 0,9m utilizar cimentación E3, entre 0,9my 0,6m cimentación E1 y menores de 0,6m losa de protección implementada en otros proyectos.

- De acuerdo con el numeral 8.4.1 Consideraciones para proyección de cámaras de caída de las Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín E. S. P, las estructuras de conexión y/o inspección con diferencias de nivel entre la cota batea de los ductos de entrada y la cota batea del ducto de salida mayores que 0.7 m, deben ser provistas de una cámara de caída. En las memorias de cálculo, el contratista sólo

menciona los tramos que deben ser intervenidos porque cuentan con cámara de caída, sin embargo, se debe indicar en que cámaras se presenta cámara de caída y el porqué.

Cámara		Escala en la cámara
Inicial	Final	[m]
8012564	C2	1,19
C2	C4	0,06
C4	C6	0,07
C6	C8	0,16
C8	8005989	0,08
8005989	C10	1,00
C10	C12	0,10
C12	C14	0,09
C14	C16	0,11
C16	C18	1,05
C18	8006016	0,23

El contratista atiende dicha observación mediante complemento de información en el archivo de memorias de cálculo donde identifica las cámaras de caída.

- El contratista menciona en las memorias de cálculo que se cambian cámaras excéntricas por concéntricas, y que, además, algunas cámaras saldrán de operación dada la implementación del diseño presentado, sin embargo, no especifica cuales son las cámaras excéntricas, ni presenta la explicación para reemplazar las cámaras de inspección. El contratista atiende la observación, añadiendo en los planos, el ítem de resumen de elementos a diseñar y complementa la información.
- En los informes presentados por el contratista, no se mencionan las redes que se tienen sobre la vía, ni los cruces que se presentan con otras redes de servicios para poder verificar de acuerdo con la normatividad si se cumple con las distancias verticales y horizontales mínimas establecidas. El contratista detalló esta información en la entrega de la versión 2 del proyecto, mediante ajuste en plano de detalle y conclusiones en el informe, además de incorporar en las notas, la alerta de cuando se cumple con alguna distancia y precauciones para ser tenidas en cuenta al momento de la construcción.
- En el inicio de la red en diseño se tiene un cruce con una cobertura de quebrada para el tramo en diseño 8022564-C2. Se debe presentar investigación topográfica de esta cobertura, si es posible inicio y final de esta, para realizar el chequeo de esta interferencia con la red en diseño. Esta investigación es importante pues limita y define las cotas de la red en diseño, y las distancias verticales de separación con otras redes en servicio como acueducto y gas;

observación que fue atendida en la versión 2 del diseño mediante incorporación en el plano sobre detalle de cotas bateas y diámetro e indicación de los cruces. Sin embargo, había en los tramos C6-C8 y 8005989-C10 había otros cruces con coberturas que no fueron detalladas y por solicitud de la interventoría, el contratista incorporó nota aclarando por qué no se tiene investigación de ello; observación que fue subsanada por el contratista en la versión 2.1 del diseño del proyecto indicando que no fue posible realizar levantamiento en estos puntos debido a obstáculos, cerramientos privados y difícil acceso.

- El contratista debe actualizar estado e información de las redes existentes en GNET y geoportal de EPM, pues ya se tiene gran parte de la red de acueducto en PEAD del proyecto PA_N-214 (mencionado en las visitas preliminares) en operación y la red que se tenía en PVC ya no se muestra, por lo que se puede indicar fuera de servicio. El contratista en la entrega de la versión 2, ajusta el plano atendiendo esta observación.
- La interventoría solicita al contratista revisar la necesidad de proyectar dos cámaras tan seguidas (C6 y C8), ya que se podría plantear un tramo más largo y así, evitar una cámara de más. Por igual, revisar para la cámara C10 cercana a la cámara 8005989. El contratista manifestó que debido a la existencia de obras de drenaje transversal y luego de identificar dichos cruces, vio la necesidad de conservar el mismo número de cámaras, y así evitar inconvenientes a la hora de la construcción con dichos elementos.

Lo anterior descrito cumple con el requerimiento inicial del proyecto y luego de la interventoría verificar que el diseño del proyecto se encuentra acorde al anexo técnico y normatividad vigente, esta emite el concepto de aprobado del proyecto con una longitud total de 409,13 metros, que pasarán a etapa de construcción. A continuación, se presenta el seguimiento del entregable de diseño en sus diferentes versiones, además, de las revisiones realizadas por la interventoría:

Tabla 16

Tiempos de entrega y revisión del proyecto GPZN-1198.

Entregable	Versión	Entrega	Revisión	Estado
Diseño GPZN-1198	1	01/06/2023	26/07/2023	Devuelto
	2	09/08/2023	17/08/2023	Devuelto
	2.1	25/08/2023	01/09/2023	Devuelto
	2.2	06/09/2023	07/09/2023	Devuelto
	2.3	07/09/2023	08/09/2023	Aprobado

5 Conclusiones.

Durante el período de práctica académica se contribuyó en la revisión de un proyecto para cada uno de los componentes; para acueducto el Circuito Orfelinato y para alcantarillado el GPZN-1198, revisión particularmente a memorias de cálculo, informes técnicos y planos de diseño entregados por el contratista verificando que se cumpliera con lo estipulado en las Normas de Diseño de EPM (2013), Resolución 0330 (2017), Resolución 0799 (2021) y Anexo Técnico del Contratista, dicho ejercicio fue socializado con el ingeniero de diseño a cargo de cada proyecto con el objetivo de tener una supervisión al trabajo realizado. Luego de la interventoría verificar que para cada uno de los proyectos las observaciones fueron atendidas en su totalidad por el contratista y que el diseño se encontraba acorde al anexo técnico y normatividad vigente cumpliendo todos los requisitos, se emitió el concepto de aprobación al diseño de ambos proyectos. Además de esto, se llevó a cabo un seguimiento referente a los tiempos de entrega de cada uno de los insumos enviados por parte del contratista a la interventoría, donde para ambos proyectos se cumplió con las fechas de entrega estipuladas sin incumplir los plazos. Como evidencia de este ejercicio se suministra el presente documento el cual contiene la revisión estricta de los proyectos.

En cuanto a la labor administrativa, se llevó a cabo manejo y actualización de las bases de datos, seguimiento y control de las actividades de los proyectos asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad y control documental de estos, además de la elaboración de informes semanales y mensuales que contienen las actividades y gestiones ejecutadas para el cumplimiento de los objetivos de cada proyecto, tanto por parte del contratista como de la interventoría.

6 Referencias.

Calderón Ospina, M. F. (2022). Revisión y seguimiento al diagnóstico, diseño y reposición de redes de acueducto en asbesto cemento del circuito Altavista Sur y un proyecto menor de alcantarillado de la zona noroccidental de Medellín. [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Empresas Públicas de Medellín. (2013). Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de las Empresas Públicas de Medellín E. S. P.

Empresas Públicas de Medellín. (2013). Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín. E. S. P.

Empresas Públicas de Medellín. (s.f.). Anexo Técnico diagnóstico, diseño, construcción y reposición de redes de acueducto y de alcantarillado y obras accesorias, donde EPM presta sus servicios. Medellín.

IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans. Arsenic, Metals, Fibres and Dusts. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer; 2012. (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, No. 100C.)

Ley 1968 de 2019. Por el cual se prohíbe el uso de asbesto en el territorio nacional y se establecen garantías de protección a la salud de los colombianos. 11 de julio de 2019.

Ministerio de Vivienda, Ciudad Y Territorio. RESOLUCIÓN No. 0330 de 08 de junio de 2017. Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009. Bogotá. s.n., 2017. 182 p.

Ministerio de Vivienda, Ciudad Y Territorio. RESOLUCIÓN No. 0799 de 09 de diciembre de 2021. Por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017. Bogotá. s.n., 2021. 82 p.

Proyecto Reposición redes de acueducto y alcantarillado en el Valle de Aburrá. (s. f.).
<https://cu.epm.com.co/institucional/proyectos/proyectos-en-el-territorio/proyecto-reposicion-redes-de-acueducto-y-alcantarillado-en-el-valle-de-aburra>

Sanear. (2021). Informe de Diagnóstico De Acueducto Circuito Orfelinato. Medellín.

Sanear. (2023). Informe de Diseño De Acueducto Circuito Orfelinato. Medellín.

Sanear. (2023). Informe Técnico de Diseño Alcantarillado GPZN-1198. Copacabana.