



Evaluación de Redes de Acueducto en Asbesto Cemento y redes de Alcantarillado en el Municipio de Medellín: Caso de estudio circuito Campestre Sector 14 y alcantarillado GPZS-0938.

María Alejandra Moreno García

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniera Sanitaria

Asesores

Wilfer David Guman Lopez, Magíster (MSc)

Bryan Valderrama Muñoz, Ingeniero sanitario

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

2024

Cita	(Moreno García, 2024)
Referencia	(Moreno García, M.A, 2024). <i>Revisión y seguimiento a diagnóstico, alternativas y diseño de redes de acueducto en asbesto cemento del circuito Campestre sector 14 y revisión al diseño del proyecto de alcantarillado GPZS-0938 en el municipio de Medellín.</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

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

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

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

Le dedico este trabajo a mi padre, aunque no me acompañe en la finalización de este añorado sueño, siempre quiso verme en la cima. Gracias a él, entendí lo que era el trabajo duro y con esmero, la dedicación y por ende el sabor de la recompensa.

Agradecimientos

Le agradezco a mi madre y a mi hermana, quienes fueron mis impulsoras cada día en estos años de pregrado, pero mucho más en este tiempo de prácticas académicas. Nunca dejaron de creer en mí. También agradezco a cada una de las personas que atribuyeron para la correcta finalización de esta etapa, en especial a los ingenieros Yenifer y Bryan, quienes tuvieron la paciencia de guiarme profesionalmente en estos 6 meses.

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract.....	10
1 Introducción	11
2 Objetivos.....	12
2.1 Objetivo general	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3 Marco teórico.....	13
3.1 Principio componente de acueducto.....	14
3.2 Principio componente de alcantarillado.	15
4 Metodología.....	17
5 Resultados y análisis.....	19
5.1 Reposición de Asbesto Cemento circuito Campestre sector 14.	19
5.1.1 Área de estudio del componente de acueducto circuito Campestre sector 14. ..	19
5.1.2 Diagnóstico de redes asbesto cemento en circuito Campestre Sector 14.....	19
5.1.3 Análisis de alternativas de lineamiento, evaluación hidráulica y método constructivo del circuito Campestre sector 14.	27
5.1.4 Diseño circuito Campestre sector 14	33
5.1.5 Revisión y seguimiento al proyecto circuito Campestre sector 14 por parte de interventoría	36
5.2 Proyecto de alcantarillado GPZS-0938	39
5.2.1 Aspecto generales del requerimiento GPZS-0938	39
5.2.2 Inspección en campo GPZS-0938.....	40
5.2.3 Parámetros de diseño GPZS-0938	42
5.2.4 Análisis y selección de alternativa.	44

5.2.5	Diseño hidráulico de las redes a reponer del GPZS-0938.....	45
5.2.6	Revisión y seguimiento por parte de interventoría al GPZS-0938.....	48
6	Conclusiones	48
7	Referencias	50

Lista de tablas

TABLA 1 COMPARACIÓN DE PRINCIPIOS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE. _____	14
TABLA 2 COMPARACIÓN DE PRINCIPIOS DE DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO. _____	16
TABLA 3 NICHOS EJECUTADOS EN EL CIRCUITO CAMPESTRE SECTOR 14 _____	20
TABLA 4 REGISTRO FOTOGRÁFICO NICHOS DE INVESTIGACIÓN CIRCUITO CAMPESTRE SECTOR 14 _____	22
TABLA 5 REGISTRO FOTOGRÁFICO COBERTURAS CIRCUITO CAMPESTRE SECTOR 14. _____	25
TABLA 6 RESUMEN DE INVESTIGACIÓN MATERIAL DE TUBERÍAS CIRCUITO CAMPESTRE SECTOR 14 _____	26
TABLA 7 COMPARACIÓN DE PRESIONES EN EL CIRCUITO CAMPESTRE SECTOR 14 _____	31
TABLA 8 PARÁMETROS DE DISEÑO CIRCUITO CAMPESTRE SECTOR 14. _____	34
TABLA 9 REGISTRO FOTOGRÁFICO VISITA DE INSPECCIÓN GPZS-0938. _____	41
TABLA 10 PARÁMETROS DE DISEÑO GPZS-0938 _____	44

Lista de figuras

FIGURA 1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PARA LA REPOSICIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO.	17
FIGURA 2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PARA LA REPOSICIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO.	18
FIGURA 3 LOCALIZACIÓN SECTOR 14 EN CIRCUITO CAMPESTRE.	19
FIGURA 4 LOCALIZACIÓN NICHOS DE INVESTIGACIÓN EJECUTADOS.	20
FIGURA 5 RED DE ACUEDUCTO EXPUESTA EN MATERIAL HIERRO GALVANIZADO.	26
FIGURA 6 NICHOS DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIÓN EDUCATIVA INEM.....	27
FIGURA 7 ESQUEMA DE ALTERNATIVA 3 - SEPARACIÓN DE MALLA HIDRÁULICA DEL CIRCUITO.	30
FIGURA 8 DIAGRAMA DE PRESIONES SEGÚN ESCENARIO ADAPTADO.....	31
FIGURA 9 MÉTODOS CONSTRUCTIVOS PROPUESTO CIRCUITO CAMPESTRE SECTOR 14.....	33
FIGURA 10 OBSERVACIÓN 1 A PLANO DE DISEÑO.....	37
FIGURA 11 OBSERVACIÓN 2 A PLANO DE DISEÑO.....	38
FIGURA 12 OBSERVACIÓN 2 A PLANO DE DISEÑO.....	38
FIGURA 13 OBSERVACIÓN 1 A CANTIDADES Y PRESUPUESTOS.....	39
FIGURA 14 LOCALIZACIÓN GPZS-0938.....	40
FIGURA 15 ÁREAS TRIBUTARIAS REDES DE DISEÑO GPZS-0938.....	43
FIGURA 16 TRAZADO PROPUESTO DISEÑO GPZS-0938.....	45
FIGURA 17 PERFIL HIDRÁULICO SECCIÓN 1 GPZS-0938.....	46
FIGURA 18 PERFIL HIDRÁULICO SECCIÓN 2 GPZS-0938.....	47

Siglas, acrónimos y abreviaturas

EPM	Empresas Públicas de Medellín
FID - IPID	Feature Identifier Definition
MDA	Modelo de redes aguas
CIPP	Contexto, Input, Proceso, Producto.
PMT	Plan de Manejo de Tránsito
PEAD	Polietileno de Alta Densidad
GPZS	Gestión Proyectos Menores de Alcantarillado en la Zona Sur
SWMM	Storm Water Management Model

Resumen

El asbesto puede causar cicatrices e inflamación en los pulmones, dificultando la respiración y provocando serios problemas de salud décadas después de la exposición. En respuesta, el 4 de marzo de 2019, el Juzgado 39 Administrativo de Bogotá falló a favor de las víctimas del asbesto, lo que llevó a la promulgación de la Ley No. 1968 el 11 de julio de 2019, prohibiendo su uso en Colombia y protegiendo la salud pública. Empresas Públicas de Medellín (EPM) empezó a implementar el reemplazo de las redes de acueducto de asbesto-cemento en el Valle de Aburrá y áreas circundantes. Durante el semestre de industria, se realizaron labores de acompañamiento en la supervisión por parte de la interventoría Aguas Nacionales EPM en entregables de diagnóstico alternativas y diseño respecto al cambio de redes asbesto cemento en el sector 14 del circuito Campestre, al igual que en el proyecto GPZS-0938, ubicados en la ciudad de Medellín.

Palabras clave: Asbesto cemento, redes, acueducto, alcantarillado, circuito, interventoría, contratista, reposición.

Abstract

Asbestos can cause scarring and inflammation in the lungs, making it difficult to breathe and causing serious health problems decades after exposure. In response, on March 4, 2019, the 39th Administrative Court of Bogotá ruled in favor of asbestos victims, leading to the promulgation of Law No. 1968 on July 11, 2019, prohibiting its use in Colombia and protecting public health. Empresas Públicas de Medellín (EPM) began to implement the replacement of asbestos-cement aqueduct networks in the Aburrá Valley and surrounding areas. During the industry semester, supervision work was carried out by the Aguas Nacionales EPM audit in alternative diagnostic and design deliverables regarding the change of asbestos cement networks in sector 14 of the Campestre circuit, as in the project GPZS-0938, located in the city of Medellín.

Keywords: Asbestos cement, networks, aqueduct, sewage, circuit, audit, contractor, replacement.

1 Introducción

En el ámbito de la construcción civil, la elección de materiales ha sido un proceso evolutivo que responde a la necesidad de encontrar soluciones eficientes y económicas. A lo largo de la historia, el asbesto ha sido uno de estos materiales destacados, aprovechando sus propiedades únicas. Sin embargo, la conciencia creciente sobre los riesgos para la salud asociados con la exposición al asbesto ha llevado a cambios significativos en su uso a nivel mundial.

El asbesto, conocido por su resistencia al calor, al fuego y a productos químicos, así como sus propiedades aislantes térmicas y acústicas, ha sido un componente común en la construcción de diversas estructuras. No obstante, sus desventajas, especialmente los riesgos para la salud humana han llevado a la búsqueda de alternativas más seguras y sostenibles en la construcción civil.

La exposición al asbesto presenta riesgos significativos para la salud, vinculados a enfermedades respiratorias graves como el cáncer de pulmón, mesotelioma y asbestosis. (Pascal, 2005) Este riesgo, combinado con las prohibiciones internacionales y nacionales, ha impulsado a empresas como Empresas Públicas de Medellín (EPM) a emprender proyectos de mejora en sus redes de servicio.

A través de estas prácticas, se buscó no solo comprender el proceso administrativo en la mejora de infraestructuras, sino también sensibilizar sobre la importancia de adoptar materiales seguros y sostenibles en la construcción civil. El asbesto, siendo un material del pasado, sirve como un punto de partida para explorar nuevas prácticas y tecnologías que contribuyan a un futuro más saludable y sostenible en el sector de la construcción

En este contexto, el periodo de prácticas se enfocó en el apoyo administrativo al sector de diseño de la interventoría Aguas Nacionales EPM, contribuyendo a la gestión de informes, actividades administrativas y apoyo de proyectos específicos. Se seleccionaron dos proyectos clave, el acueducto "Circuito Campestre – Sector 14" y el alcantarillado "GPZS-0938", ambos pertenecientes al contratista que se denomina Grupo 3. Para su revisión se seguirán las normas técnicas de diseño de sistemas de acueducto y alcantarillado de Empresas Públicas de Medellín E.S.P., así como los parámetros y criterios de diseño establecidos en la resolución 0330 de 2017 del Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Realizar seguimiento a los diferentes procesos constructivos de la reposición y diagnóstico de las redes en de asbesto cemento y otros materiales, esto aplicado a las redes de acueducto y alcantarillado en el municipio de Medellín.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar un análisis del estado actual de la red de acueducto (Circuito Campestre - Sector 14) identificando las secciones que requieren reposición de redes en material de "asbesto cemento".
- Realizar un análisis detallado del estado actual de la red de alcantarillado (GPZS-0938) identificando las secciones que requieren reponer.
- Evaluar las alternativas disponibles para la reposición de redes en material de "asbesto cemento", considerando aspectos técnicos y proponer recomendaciones para su implementación.

- Participar activamente en revisión al diseño de los procesos constructivos necesarios para llevar a cabo la reposición de redes en ambas redes (acueducto y alcantarillado), asegurando el cumplimiento de normativas y estándares de calidad.
- Desarrollar actividades administrativas de apoyo que contribuyan a la eficiencia operativa del espacio de interventoría de Aguas Nacionales EPM, incluyendo la gestión de documentos, seguimiento de plazos a diferentes proyectos.
- Proporcionar informes periódicos de avance y resultados, destacando los logros alcanzados, los desafíos enfrentados y las acciones correctivas tomadas, contribuyendo a la toma de decisiones informadas por parte de Aguas Nacionales EPM

3 Marco teórico

Es importante aclarar que los diseños a evaluar no son completamente nuevos, sino que son actualizaciones de redes existentes que están deterioradas o necesitan ser reemplazadas, como las redes de acueducto de asbesto cemento.

Además, los diseños de los componentes de acueducto y alcantarillado comienzan con una fase de investigación denominada etapa de diagnóstico. En esta fase se verifica el estado actual de la red, se identifican posibles complicaciones constructivas y se realizan estudios necesarios como investigaciones estructurales, ambientales, geotécnicas y topográficas. La siguiente fase es el análisis de alternativas constructivas y de alineamiento, considerando riesgos sociales, ambientales y económicos, tanto cualitativos como cuantitativos, para finalmente proceder con el diseño del nuevo trazado de redes.

Dado que Aguas Nacionales EPM S.A. E.S.P. proporciona la interventoría del proyecto de diagnóstico, alternativas y diseño de obras accesorias y reposición de redes de acueducto y alcantarillado de EPM, tiene dos funciones principales: primero, asegurar que los diseños y especificaciones finales cumplan con las "Normas de diseño de sistemas de acueducto de las Empresas Públicas de Medellín E.S.P." y con la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017 del

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (RAS); y segundo, garantizar que los diseños se realicen conforme a los pliegos de condiciones y las particularidades establecidas.

La revisión técnica de los diseños se realiza comparándolos y complementándolos con las normas mencionadas anteriormente. La aplicación de estas normas depende de la situación específica y de los criterios de cálculo del diseñador. A continuación, se enumeran de manera general los puntos más importantes a tener en cuenta en ambos componentes, acueducto y alcantarillado.

3.1 Principio componente de acueducto.

Los diseños para la renovación de redes de acueducto deben estar planificados para un período de 30 años, conforme a lo estipulado en la normativa de diseño de acueducto de Empresas Públicas de Medellín E.S.P. Adicionalmente, debe cumplir con lo especificado en la siguiente tabla (Tabla 1).

Tabla 1

Comparación de principios de diseño de redes de distribución de agua potable.

Criterios técnicos	NORMAS DE DISEÑO Y VERIFICACIÓN	
	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. 	<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 tubería de achucuto no deben estar ubicadas en la isma zanja de las tuberías de alcantarillado.

Criterios técnicos	NORMAS DE DISEÑO Y VERIFICACIÓN	
	Norma de diseño de acueducto EPM	Resolución 0330 del 2017
	<ul style="list-style-type: none"> • 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"> • 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 en la red de distribución no debe superar los 65 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"> • Recomienda una velocidad mínima de 1 m/s este valor depende de las características del agua y los fenómenos hidráulicos que ocurran en la tubería. 	
Pendientes mínimas de las tuberías	<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 mínima debe estar entre 0,1% y 0,15%. 	

Nota. Adaptado de EPM (2009) y Ministerio de Vivienda, (2017).

3.2 Principio componente de alcantarillado.

Las reparaciones de alcantarillado por parte de EPM buscan encontrar una solución definitiva a los problemas señalados por la comunidad, en la **Tabla 2** se enumeran algunos criterios considerados en el diseño de los sistemas de alcantarillado.

Tabla 2
Comparación de principios de diseño de redes de alcantarillado.

Criterios técnicos	NORMAS DE DISEÑO Y VERIFICACIÓN	
	Norma de Diseño de Alcantarillado EPM.	Resolución 0330 del 2017.
Localización de redes de alcantarillado	<ul style="list-style-type: none"> La profundidad mínima a la cota clave de las tuberías es de 1,2 m, para conexiones domiciliarias de una pendiente mínima del 2%. 	<ul style="list-style-type: none"> Las distancias mínimas libres entre las redes de aguas residuales y/o lluvia, y las tuberías de otras redes de servicios públicos deben ser 1,0 m en dirección horizontal y 0,30 m en dirección vertical.
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. Para poblaciones menores de 2500 habitantes el diámetro interno real permitido es 140 mm y en alcantarillado combinado el diámetro mínimo debe ser 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. La velocidad mínima en los alcantarillados es de 0,45 m/s. 	<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"> Se establece que para tuberías con diámetros internos menores de 500 mm el valor de y/d debe ser menor de 0,70, para diámetros internos entre 500 y 1.000 mm el valor debe ser menor de 0,80, y para diámetros mayores de 1.000 mm el valor debe ser menor de 0,85. 	<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 85%, y de 93% con el caudal de diseño a flujo lleno.
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.
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. 	

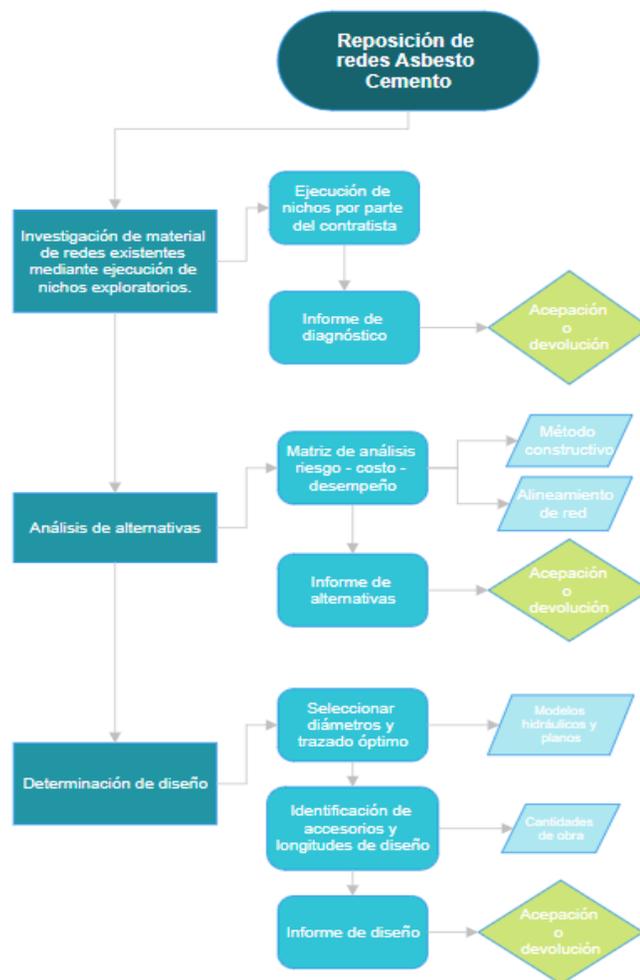
Nota. Adaptado de EPM (2009) y Ministerio de Vivienda, (2017).

4 Metodología

Para supervisar las actividades de diseño y las etapas previas, es importante comprender las tareas realizadas por el contratista durante la elaboración de entregas. A continuación, se presenta un diagrama de flujo que ilustra las actividades del contratista en el diseño de ambos componentes para este contrato (**Figura 1**).

Figura 1

Metodología de diseño para la reposición de redes de acueducto.

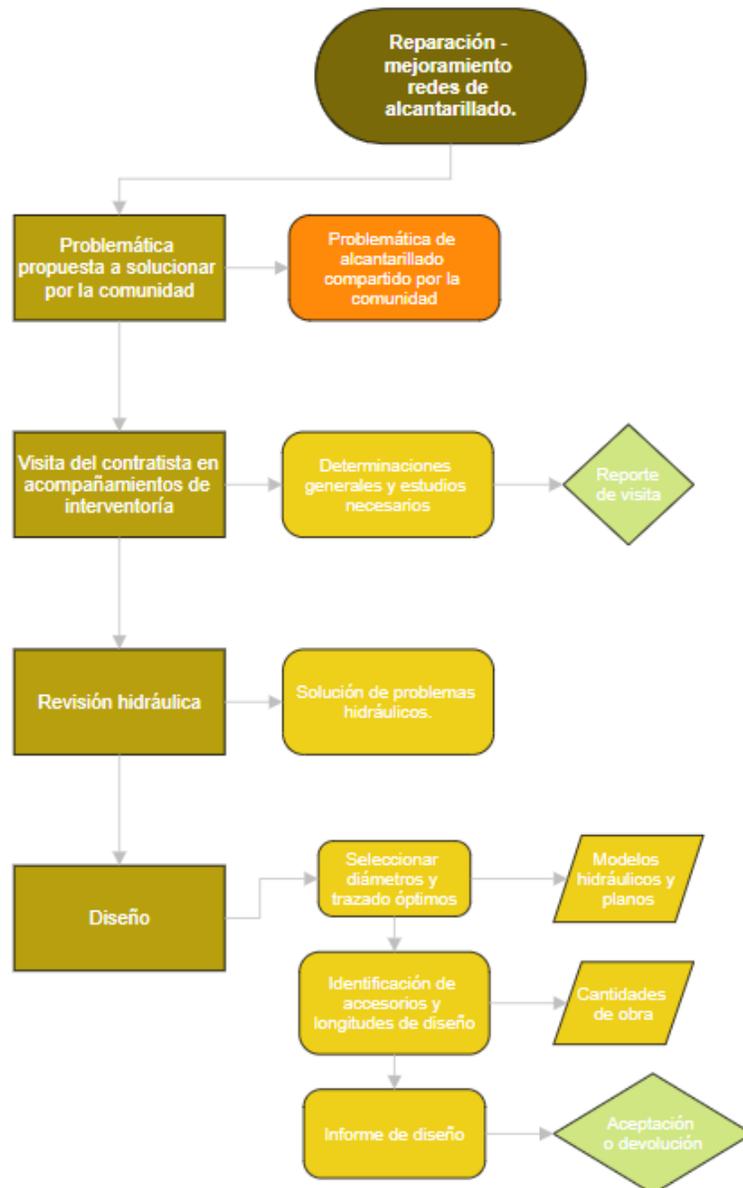


Nota. Elaboración propia (2024).

En la **Figura 2** se describe el proceso de revisión de la interventoría teniendo en cuenta que los proyectos menores de alcantarillado surgen por quejas de la comunidad o por problemas en las redes.

Figura 2

Metodología de diseño para la reposición de redes de alcantarillado.



Nota. Elaboración propia (2024).

5 Resultados y análisis

5.1 Reposición de Asbesto Cemento circuito Campestre sector 14.

El circuito Campestre sector 14 contó con entregables de las etapas de diagnóstico, alternativas y diseño. En el presente informe se presentará el análisis de estos entregables en versión 1, al igual que a los estudios realizados por el contratista y los hallazgos encontrados a lo largo de la red.

5.1.1 Área de estudio del componente de acueducto circuito Campestre sector 14.

5.1.2 Diagnóstico de redes asbesto cemento en circuito Campestre Sector 14

5.1.2.1 Ejecución nichos de investigación.

Para la investigación de las redes de acueducto, EPM proporcionó al contratista Consorcio C&C-GAAL una base de datos de las redes incluidas en la zona de estudio. El contratista revisó esta base utilizando la herramienta G/Net Viewer¹ y las observaciones de campo para verificar los datos, adicionalmente, comentó en los informes reportados a interventoría que, siguió los lineamientos de Empresas Públicas de Medellín, EPM, para lo cual establece que los nichos de investigación² deben estar separados aproximadamente 300 metros, dejando a criterio la necesidad de realizar más nichos. El contratista procedió a ubicar los puntos adecuados para encontrar empalmes de tuberías de asbesto cemento con otros materiales, cambios de dirección, derivaciones, entre otros.

A continuación, en **Figura 4** se observa la ubicación de los nichos ejecutados, estos con el objetivo de verificar el material de la tubería. Adicionalmente, en la **Tabla 3**, se presenta la información de los nichos ejecutados en el Sector 14 del circuito Campestre, en donde se relaciona dirección, IPID³, información de material y diámetro nominal de acuerdo con la base de datos y con los hallazgos encontrados durante la exploración de campo.

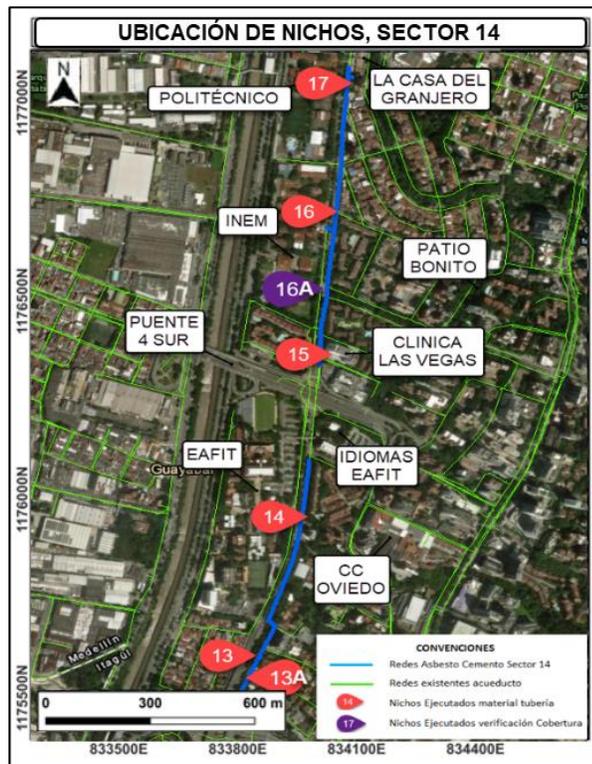
¹ Herramienta de consulta de la información de la base de datos para los diferentes modelos digitales (EPM, 2022).

² Excavaciones realizadas con el fin de obtener la mayor información del sitio en que se van a realizar las obras.

³ Es el número único de cada elemento de red (lineal, puntual, área), que se conserva en todo el ciclo de vida (estado de la red)

Figura 4

Localización nichos de investigación ejecutados.



Nota. Tomado de Consorcio C&C-GAAL (2023).

Tabla 3

Nichos ejecutados en el circuito Campestre sector 14

NICHOS	DIRECCIÓN	IPID RELACIONADO	BASE DE DATOS		HALLAZGOS EXPLORACIÓN			
			MATERIAL	DIAMETRO NOMINAL (mm)	MATERIAL	DIAMETRO NOMINAL (mm)	PROFUNDIDAD CLAVE (m)	
13	CR 48 con CL 10 Sur, al lado del hidrante con IPID 2578940	2579562	C	ASB	200	ACERO	200	1,80
13A	CR 48 con CL 10 Sur, al lado de ARL SURA Aguacatala	2579539	C	ASB	200	ASB C	200	1,40
14	CR 48 con CL 7 Sur, al lado del hidrante con IPID 9885393	9885391	C	ASB	200	ASB C	200	0,81

REVISIÓN Y SEGUIMIENTO A DIAGNÓSTICO, ALTERNATIVAS Y DISEÑO DE...

NICHOS	DIRECCIÓN	IPID RELACIONADO	BASE DE DATOS		HALLAZGOS EXPLORACIÓN			
			MATERIAL	DIAMETRO NOMINAL (mm)	MATERIAL	DIAMETRO NOMINAL (mm)	PROFUNDIDAD CLAVE (m)	
15-1	CR 48 con CL 2 Sur, al lado de la válvula con IPID 9355276	9356039	C	ASB	200	El nicho no fue efectivo, por lo tanto, se realizó el nicho 15-3, en dirección norte, más cerca de la clínica las Vegas validar dicha información.		
15-2	CR 48 con CL 2 Sur, al lado de la válvula con IPID 9355276	9356039	C	ASB	200			
15-3	CR 48 con CL 2 Sur, al lado de la válvula con IPID 9355276	9356039	C	ASB	200	ASB C	200	1,30
16	CR 48 con CL 5, al lado de la válvula con IPID 2577228	2577262	C	ASB	200	ASB C	200	0,79
16A	CR 48 con CL 1 Sur, sobre la cobertura de la quebrada la Olleta	2577453	C	ASB	200	Este nicho se realiza para validar la profundidad de cobertura y no para verificar el material de la tubería.		
17-1	CR 48 con CL 9, al lado del hidrante con IPID 9398700	2576724	C	ASB	200	El nicho no fue efectivo, por lo tanto, se realizó el nicho 17-3, un poco más al norte para validar dicha información.		
17-2	CR 48 con CL 9, al lado del hidrante con IPID 9398700	2576724	C	ASB	200			
17-3	CR 48 con CL 9, al lado del hidrante con IPID 9398700	2576724	C	ASB	200	ASB C	200	0,78

Nota. Tomado de Consorcio C&C-GAAL (2023).

El contratista realizó diez excavaciones exploratorias, de las cuales seis proporcionaron información útil para el diagnóstico de la red a reemplazar. Además, llevó a cabo la excavación 16A para verificar la posible interferencia de las redes de asbesto cemento con la cobertura de la quebrada La Olleta, en la intersección de la CR 48 con la CL 1 Sur. En el caso del nicho 15, realizaron tres excavaciones (15-1, 15-2 y 15-3) ya que en las dos primeras no se encontró la tubería. Solo se consideró el resultado del nicho 15-3, donde hallaron tubería de asbesto cemento,

y designaron como nicho 15. De manera similar, para el nicho 17 se realizaron tres excavaciones (17-1, 17-2 y 17-3). Al no encontrar la tubería en las dos primeras, se tuvo en cuenta solo el resultado del nicho 17-3, donde se encontró tubería de asbesto cemento, y se designó como nicho 17. (Consortio C&C-GAAL, 2023)

La importancia del reporte de nichos ejecutados radica en la localización y las observaciones realizadas en campo, como posibles interferencias con árboles, el estado del pavimento, el tráfico en las vías y algunas inconsistencias en la información proporcionada por EPM en el MDA⁴ sobre el diámetro y material de las tuberías.

En la siguiente tabla (**Tabla 4**) se logra observar registros fotográficos de algunos nichos ejecutados.

Tabla 4

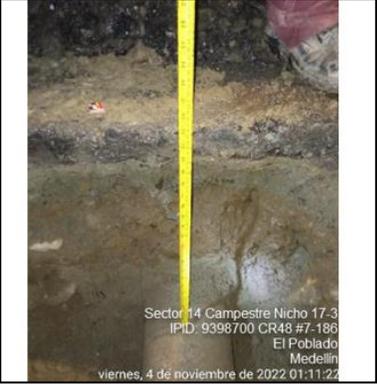
Registro fotográfico nichos de investigación circuito Campestre sector 14

Nombre - Ubicación	Registro fotográfico	Fecha de ejecución
Nicho No. 13 – Calle 9 Sur		22 de noviembre del 2022

⁴ Representación digital de los elementos del sistema de acueducto y alcantarillado de EPM

REVISIÓN Y SEGUIMIENTO A DIAGNÓSTICO, ALTERNATIVAS Y DISEÑO DE...

Nombre - Ubicación	Registro fotográfico	Fecha de ejecución
<p>Nicho No. 14 – CR 48 EAFIT</p>		<p>3 de noviembre del 2022</p>
<p>Nicho No. 15 – 3 – CR 48 CL4 Sur Clínica Las Vegas</p>		<p>31 de enero del 2023</p>
<p>Nicho No. 16 – CR48 Rapidogs</p>		<p>3 de noviembre del 2022</p>

Nombre - Ubicación	Registro fotográfico	Fecha de ejecución
Nicho No. 17-3 – CR48 #7-186		4 de noviembre del 2022

Nota. Adaptado de Consorcio C&C-GAAL (2023).

Para efectuar la verificación de diagnóstico en campo, el personal del contratista realizó visita al proyecto el día 14 de septiembre del 2022. El recorrido comenzó en el lado oriental de la CR 48 (Avenida Las Vegas) con la CL 12 Sur, cerca de la clínica Sameín Aguacatala, donde según la base de datos del MDA, empiezan las redes de asbesto cemento con la tubería de IPID 2579512. Estas redes continúan hasta la CL 3 Sur, frente a la clínica Las Vegas, y se extienden hasta la CL 9 (Clínica del Granjero), donde finalizan las redes de asbesto cemento en el nicho 17, en la tubería con IPID 2576724.

Se encontraron siete válvulas, cuatro hidrantes, MH, cajas de telecomunicaciones e interferencias con otras redes durante el recorrido por la CR 48 entre la CL 12 Sur y la CL 6 Sur y la CR 48 entre la CL 3 Sur y la CL 9. Adicionalmente, se observaron la presencia de tres coberturas que generan interferencias con la red de acueducto a reponer como se muestra a continuación (**Tabla 5; Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Tabla 5

Registro fotográfico coberturas circuito Campestre sector 14.

Nombre - Ubicación	Registro fotográfico	Interferencia
Cobertura quebrada La Olleta		Atraviesa de oriente a occidente la CR 48 (Avenida Las Vegas) a la altura de la Calle 1 Sur.
Cobertura quebrada La Volcana		Atraviesa de oriente a occidente la CR 48 (Avenida Las Vegas) a la altura de la Calle 7 Sur
Cobertura quebrada Los Balsos		Atraviesa de oriente a occidente la CR 48 (Avenida Las Vegas) a la altura de la Calle 8 Sur. La cobertura se puede inspeccionar a través de la cámara de inspección con IPID 6132592.

Nota. Adaptado de Consorcio C&C-GAAL (2023).

También se encontró una red expuesta en hierro galvanizado, tuberías con IPID 2579575, 2579567 y 2579568, que baja desde el edificio Go Living & Suites (Cr 48 con CL 9 Sur), hasta la avenida las Vegas (Ver **Figura 5**).

Figura 5

Red de acueducto expuesta en material hierro galvanizado.



Nota: Tomado de Consorcio C&C-GAAL (2023)

5.1.2.2 Resumen de hallazgos en etapa diagnóstica.

De los 1.879,71 m, que se evidencian en la base de datos del MDA en material asbesto cemento para el sector 14 del circuito Campestre, solo 1.772,78 metros fueron validados en material asbesto cemento, descartándose 106,93 m que se encontraron en acero. En la **Tabla 6** se muestra el resumen de los resultados de la investigación ejecutada.

Tabla 6

Resumen de investigación material de tuberías circuito Campestre sector 14

Material	Longitud (m)	%
OTRO MATERIAL	106,93	5,69%
A DISEÑAR (ASBESTO CEMENTO)	1.772,78	94,31%
TOTAL BASE DE DATOS	1.879,71	100,00%

Nota: Elaboración propia (2024).

La longitud total de las redes de acueducto que se consideran para la revisión de alternativas y diseño en la versión 1 por parte de la interventoría, es de 1.772,78 metros, con diámetros que varían entre 150 mm y 250 mm; todas estas en estado de operación activo.

5.1.3 Análisis de alternativas de lineamiento, evaluación hidráulica y método constructivo del circuito Campestre sector 14.

Para definir las alternativas, el contratista lleva a cabo un análisis de la información secundaria proporcionada por EPM, que incluye la cartografía y el modelo hidráulico del circuito. Con esta información, establece los parámetros de diseño.

5.1.3.1 Correcciones preliminares por interventoría.

En la sección diagnóstica mencionada con anterioridad, se planteó un metraje de aproximadamente 1.772,78 metros a reponer de redes en asbesto cemento para el sector 14 del circuito Campestre. Sin embargo, en la visita de campo realizada por interventoría el día 6 de julio del 2023, se solicitó al contratista realizar un nicho de investigación adicional en la zona verde del separador vial al frente de la institución educativa INEM, al lado de la válvula con IPID 2577239, esto con el fin de validar el material de la tubería existente. (Ver **Figura 6**).

Figura 6

Nicho de investigación Institución Educativa INEM



Nota: Tomado de Consorcio C&C-GAAL (2023)

Se verificó entonces, que la tubería con IPID 2577278 está hecha de material PVC, por lo tanto, se descartaron los tramos previamente mencionados para su reposición. Es así como, reduciendo la longitud del proyecto a esta nueva necesidad, se actualizó a la longitud de las redes totales de asbesto cemento a reponer a 1467,23 m, conservando los diámetros de 150, 200 y 250 mm.

5.1.3.2 Alineamiento y trazado.

Teniendo en cuenta información cartográfica y Shapefiles suministrados por EPM, se definió el alineamiento y tubería a instalar, considerando:

- Redes de acueducto
- Redes de alcantarillado
- Redes de gas
- Redes eléctricas y de telecomunicaciones existentes
- Distancia mínima con otras redes en dirección horizontal
- Profundidad de tuberías en vías

5.1.3.2.1 Análisis de coberturas

Como se mencionó con anterioridad, la red a reponer se condiciona por 3 coberturas, la primera en la CL 8 Sur con CR 48 (quebrada Los Balsos), la segunda en la CL 7 Sur con CR 48 (quebrada La Vulcana) y la tercera en la CR 48 con CL 1 Sur (quebrada La Olleta). El contratista indagó el proceder de dos coberturas, de la siguiente manera:

- **Cobertura Quebrada Los Balsos:** Se encontró que la losa superior está a una profundidad de 3.40 m desde la superficie de la vía. Por lo tanto, se decidió que la tubería de diseño cruzará por encima de esta losa, ya que no hay interferencias.
- **Cobertura Quebrada La Vulcana:** Se encontró que la losa superior está a una profundidad de 2.00 m desde la superficie de la vía, mientras que la tubería de asbesto cemento se encuentra a 1.45 m de profundidad. Por lo tanto, se decidió que la nueva tubería de diseño cruzará por encima de la losa sin necesidad de instalar ninguna protección especial sobre la cobertura.
- **Cobertura Quebrada La Olleta:** Respecto a esta cobertura, se llevaron a cabo nichos de investigación e inspección interna de la misma, con el objetivo de determinar a qué profundidad está cruzando la red de acueducto existente. Los resultados arrojaron que al interior de la cobertura no se encontraron rastro de

ninguna tubería de acueducto, por lo que se infirió que la red de asbesto cemento está pasado a una profundidad mayor de 2,44 metros de esta. Continuamente, se procedió a analizar las posibles alternativas constructivas para atravesar esta estructura, las cuales fueron:

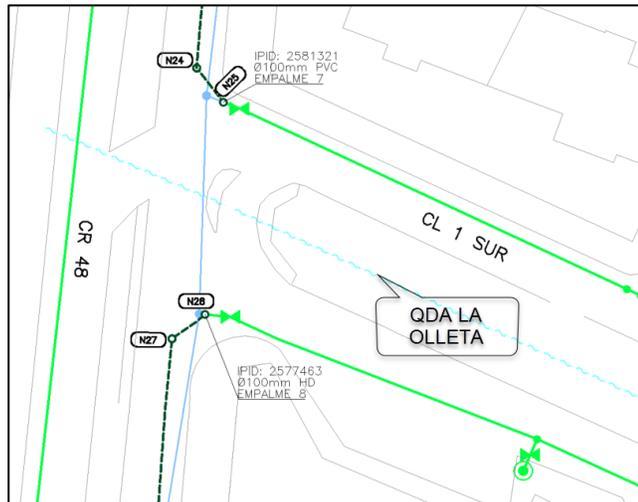
- **Alternativa 1:** Viaducto al lado del puente existente - Cruce sobre la quebrada La Olleta
- **Alternativa 2:** Malla cerrada - Paso debajo de cobertura
- **Alternativa 3:** Malla Abierta (Separación de malla hidráulica)

El análisis planteado se constituyó en un diagrama tipo matriz, evaluando para cada una de las tres alternativas aspectos técnicos (riesgo de afectaciones, individuos arbóreos, etc.), estudios y trámites complementarios (estudios hidrológicos, de suelos, de socavación, rotura de pavimento, etc.), seguridad y estabilidad, movilidad y afectación (asuntos de movilidad, instalación de platinas, número de carriles a ocupar, etc.) y conclusiones.

Se procedió a elegir la alternativa No. 3, "malla abierta" (separación de malla hidráulica). Esta propuesta modificaría la configuración actual de la tubería en operación: se clausura el tramo con IPID 2577453 y se ajustan los accesorios para empalmar las tuberías adecuadamente. Para compensar el cierre, se unen las redes instalando válvulas que aseguren flexibilidad operativa, utilizando la red con IPID 2577299 para conectar las mallas a ambos lados de la CL 1 Sur (ver **Figura 7**). El objetivo de esta alternativa es evitar zonas muertas y el estancamiento del agua. Además, esta opción presenta menores riesgos constructivos, cumple con la normativa y tiene un menor impacto vial durante la construcción.

Figura 7

Esquema de alternativa 3 - Separación de malla hidráulica del circuito.



Nota: Tomado de Consorcio C&C-GAAL (2023)

En el estudio hidráulico de la alternativa seleccionada, se evaluaron dos escenarios para la cobertura de la quebrada La Olleta: "malla cerrada" (conexión de la tubería en la cobertura) y "malla abierta" (desconexión de la red a reponer). Los resultados mostraron variaciones mínimas en las presiones, indicando que el circuito operará de manera similar con la clausura de la tubería y dos puntos de conexión. En cuanto a la velocidad, se observó un pequeño incremento de 1.31 m/s en "malla cerrada" a 1.47 m/s en "malla abierta". Ambos escenarios cumplen con la normativa de EPM, ya que ninguna velocidad supera los 2.50 m/s (C&C-GAAL, 2023). Se concluye que la reposición de los tramos de asbesto cemento en el Sector 14, manteniendo los mismos diámetros, genera valores hidráulicos similares en presión y velocidad para ambos escenarios. Por tanto, abrir la malla no afecta significativamente el sistema.

5.1.3.3 Evaluación hidráulica en tramos a reponer del circuito Campestre sector 14.

El contratista analizó el modelo hidráulico proporcionado por EPM cambiando el material de asbesto cemento a polietileno de alta densidad. Posteriormente, procedió a hacer la comparación de las capacidades hidráulicas con los dos materiales, en escenarios de proyección del año actual y año 2050 (Ver **Tabla 7** y **Figura 8**)

Tabla 7

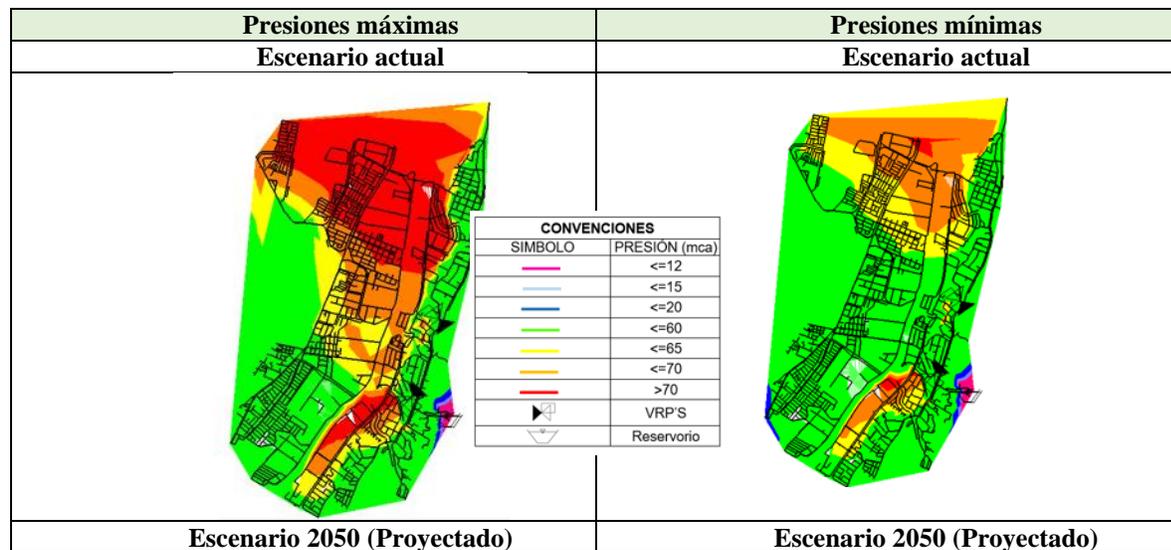
Comparación de presiones en el circuito Campestre sector 14

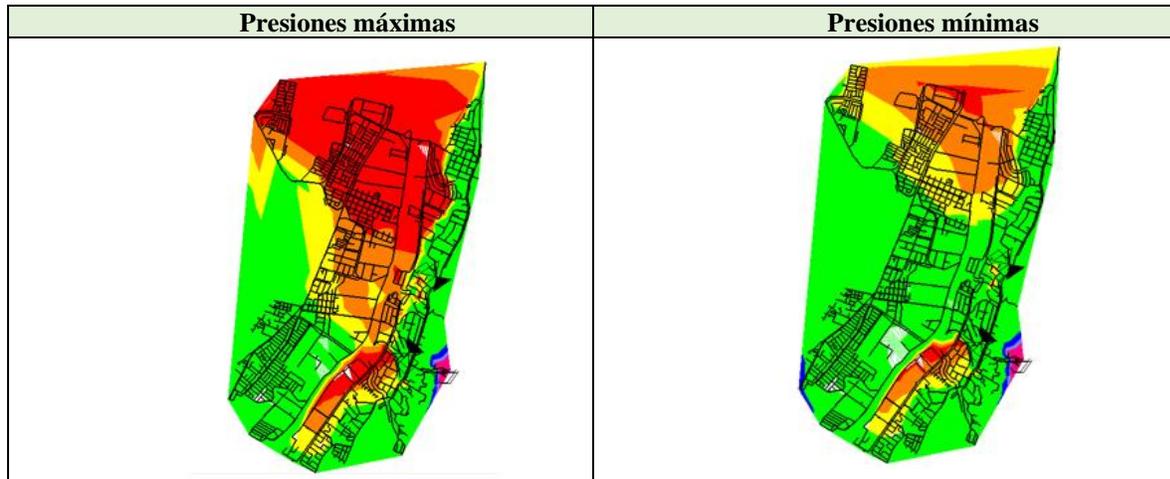
Escenario	Presión máxima				Presión mínima			
	Base actual		2050 con reposición		Base actual		2050 con reposición	
Rango (mca)*	# nodos	%	# nodos	%	# nodos	%	# nodos	%
<20	19	0,3%	19	0,3%	39	0,6%	39	0,6%
21 a 60	2811	46,4%	2979	47,4%	4032	66,5%	4227	67,2%
>60	3234	53,3%	3289	52,3%	1993	32,9%	2021	32,1%
Total nodos)	6.064		6.287		6.064		6.287	
Presión máx (mca)	83,61		83,16		76,61		77,07	
Presión mín (mca)	1,64		1,66		0,57		0,64	
Presión prom (mca)	59,38		59,12		50,65		50,39	

Nota: Adaptado de Consorcio C&C-GAAL (2023)

Figura 8

Diagrama de presiones según escenario adaptado.





Nota: Elaboración propia (2024).

De acuerdo con los resultados, tanto en el escenario base como en la alternativa, se observan variaciones mínimas en las presiones. Esto indica que el reemplazo de las redes de asbesto cemento permitirá que el circuito continúe operando en las mismas condiciones.

Para los valores de velocidad después de reemplazar los tramos de asbesto cemento por PEAD PN 16 en el Sector 14 para tramos con diámetros menores de 300 mm, no se registraron velocidades superiores a 2.50 m/s. La velocidad máxima reportada es de 1.47 m/s, muy por debajo del límite permitido por la norma de diseño de acueducto de EPM. Para las pérdidas unitarias, se presentaron tramos con valores superiores a 10 m/km, sin embargo, estos hacen referencia a los puntos de empalmes con redes de menor diámetro.

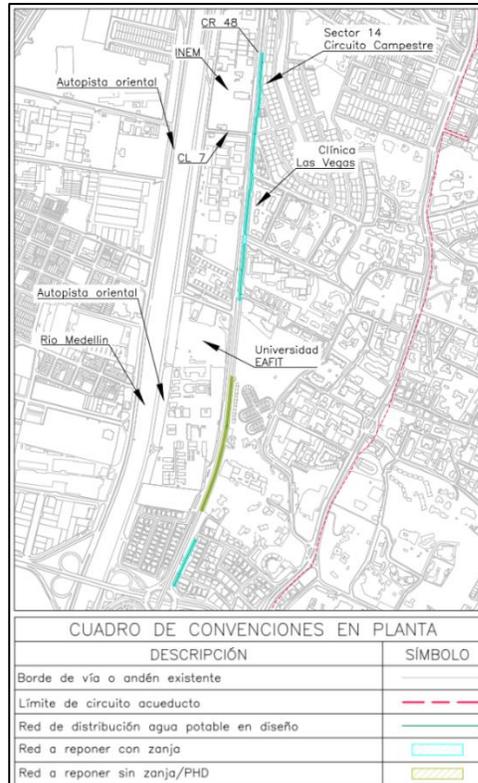
5.1.3.4 Evaluación método constructivo circuito Campestre sector 14.

La evaluación del método constructivo se realiza para cada tramo específico del proyecto, resolviendo algunos interrogantes para establecer si la metodología es con o sin zanja, como, por ejemplo, si es posible aplicar la construcción mediante tecnología sin zanja, restricciones en la intervención del pavimento, cantidad de acometidas, afectación ambiental, patrimonial o social, tipo de vía (arteria o principal), estabilidad del terreno o estructuras. Adicionalmente, es importante mencionar que el presente contrato CW-106879 “Diagnóstico, diseño, construcción y reposición de redes de acueducto y alcantarillado, Acometidas y obras accesorias, donde EPM presta sus servicios, zona Sur Oriental” solo considera el uso de tres tecnologías sin zanja, las cuales son Perforación Horizontal Dirigida (PHD), Pipe Bursting y CIPP.

Para los sectores a intervenir del circuito Campestre sector 14, el contratista propone hacer uso del método tradicional de Zanja abierta y metodología sin zanja PHD, como se muestra a continuación.

Figura 9

Métodos constructivos propuesto circuito Campestre sector 14.



Nota: Tomado de Consorcio C&C-GAAL (2023)

5.1.4 Diseño circuito Campestre sector 14

5.1.4.1 Diseño hidráulico versión 1.

Al momento de realizar la evaluación hidráulica del sector 14, el contratista no necesitó un análisis poblacional ni de caudales, ya que EPM le suministró información con proyecciones hasta el año 2050 de ANC⁵ dotación neta, cantidad de clientes, consumo total y suministro (ver **Tabla 8**), también proporcionó el modelo hidráulico en el software WaterGEMS del circuito, contando entonces con cura de consumo, demandas basadas en clientes, cotas de tanques, nodos y tuberías.

⁵ Agua No Contabilizada)

Tabla 8*Parámetros de diseño circuito Campestre sector 14.*

PARÁMETROS DE DISEÑO				
CONCEPTO	ESCENARIO			
	2022	2030	2040	2050
ANC	16%	16%	16%	15%
Dotación Neta (m ³ /mes)	18,41	16,96	15,65	14,26
Clientes	51,688	57,238	62,191	68,587
Consumo Total (L/s)	367,21	374,59	375,39	377,30
Suministro (L/s)	438,82	445,51	444,67	445,81

Nota: Gestión de activos EPM (S.F).

El software Water GEMS simula cómo se comportarán dinámicamente las redes existentes y diseñadas, utilizando la fórmula de Darcy-Weisbach requerida por las normas técnicas de diseño de EPM para calcular la capacidad hidráulica. El contratista utilizó este software para calcular parámetros como presiones, velocidades y pérdidas, evaluando el escenario proyectado para el año 2050 y modificando variables como el material de las tuberías, diámetro interno, entre otros.

Es entonces como el contratista propone a instalar tuberías de 250 mm en PEAD para el diseño de la red, salvo en los tramos destinados a empalmes con redes existentes, donde se proyectaron diámetros de 90 mm, 125 mm y 180 mm en PEAD. Estas instalaciones requerirán una profundidad mínima de 1,00 m y máxima de 1,50 m desde la cota clave para los tramos excavados con zanja, mientras que para los tramos instalados mediante perforación horizontal dirigida (PHD), las profundidades variarán entre 2 y 2,7 m a la cota clave.

Dado que los diámetros de los tramos a diseñar son menores a 300 mm, el contratista no consideró necesario realizar estudios topográficos para este diseño. No obstante, como parte de la fase de alternativas, propone utilizar tecnología sin zanja (Perforación Horizontal Dirigida, PHD) para la ejecución de ciertos tramos del sector. Para ello, se llevó a cabo un levantamiento topográfico específicamente en la Avenida Las Vegas, entre las calles 9 Sur y 5 Sur, tramo propuesto a construir en esta tecnología.

Es importante mencionar que, en el diseño se proyectan a reponer cinco válvulas de corte con diámetros entre 150 mm y 200 mm, dos válvulas auxiliares de hidrantes de diámetro 100 mm

y 150 mm y cuatro Hidrantes con diámetros de 150mm. Adicionalmente, para el sector 14 del circuito Campestre se realizarán veintitrés empalmes de las siguientes maneras: tres con tubería de hierro dúctil de 75 mm, dos con tubería de hierro dúctil de 100 mm, uno con tubería de Acero de 75 mm, uno con tubería de Acero de 200 mm, uno con tubería de PVC de 100 mm, nueve con tubería de PVC de 150 mm, cuatro con tubería de PVC de 200 mm, uno con tubería de hierro fundido de 250 mm y uno con tubería de hierro galvanizado de 200 mm.

5.1.4.2 Método constructivo.

Se realizó salida de campo al sitio del proyecto (sector 14) el día 6 de julio del 2024 en compañía del grupo de interventoría Aguas Nacionales, EPM y contratista, con el fin de visualizar las condiciones necesarias para establecer el método constructivo.

Para el análisis de implementación de los diferentes métodos (Zanja abierta y PHD) se dividió al sector 14 en tres secciones a lo largo de la carrera 48:

- **Sección 1:** Se ubica entre la calle 2 Sur y calle 9. Es caracterizada por tener gran cantidad de conexiones domiciliarias, por lo cual es viable el método de zanja abierta, a pesar de que la Av Las Vegas, no existen restricción por parte del municipio para la ejecución de dicha tecnología.
- **Sección 2:** Constituye desde la calle 9 Sur hasta la calle 5 Sur por la Avenida Las Vegas con aproximadamente 450m de longitud, la cual presenta alto flujo vehicular, no posee muchas acometidas, la vía tiene un ancho considerable y presenta muy pocos cruces con otras redes de servicios públicos. Se considera la construcción del tramo mediante PDH.
- **Sección 3:** Se encuentra entre las calles 12 Sur y 10 Sur. Aunque no existen obstáculos físicos para emplear la tecnología sin zanja debido a que es una vía amplia con solo dos interferencias (redes de alcantarillado con una profundidad clave superior a 2 metros) y el número de acometidas no es significativo, la vía secundaria tiene poco tráfico vehicular, es más económico realizar la construcción mediante la metodología tradicional a zanja abierta.

5.1.5 Revisión y seguimiento al proyecto circuito Campestre sector 14 por parte de interventoría

El día 6 de julio del 2023, se realizó visita de campo con personal del contratista, interventoría y EPM, para así verificar los puntos de empalme y los cambios de material en los tramos a diseñar del sector 14. En esta visita la interventoría solicitó al contratista:

- Investigación en las coberturas La Volcana, y la Olleta, y a partir de los hallazgos, validar los nichos según la necesidad.
- En el aspecto social del proyecto, que, en caso tal de mover los paraderos de buses, tener presente las respectivas socializaciones con las empresas de transporte y la comunidad.
- En el aspecto constructivo, realizar los nichos de investigación hasta la losa de la cobertura.
- Por último, para el componente de PMT⁶, se solicitó que en caso de cruce en la Av las Vegas, deben presentar el análisis de alternativas constructivas.

Ahora, haciendo referencia al diseño en versión 1 entregado por el contratista el día 3 de noviembre del 2023, la interventoría envió observaciones el día 27 de noviembre del 2023. Esto con el propósito de que fuesen atendidas en la menor brevedad posible para así, proceder a la aprobación y posterior ejecución de la reposición de la red. Algunas de estas observaciones fueron:

Para informes:

- Haciendo referencia al entregable “RRAAC-EJ-0104-ACU-CAM-ALT-CRD-004”, si bien el contratista presenta un análisis para el método constructivo, y para algunos tramos se tiene como resultado tecnología sin zanja, se le solicita indicar los parámetros de análisis y evaluación que los llevaron a determinar que PHD era la mejor tecnología para implementar, y para solo implementar en ese tramo.
- El contratista menciona que para la proyección de la instalación de a tubería de PEAD por PHD, se realizó levantamiento topográfico, sin embargo, esta decisión

⁶ Plan de Manejo de Transito

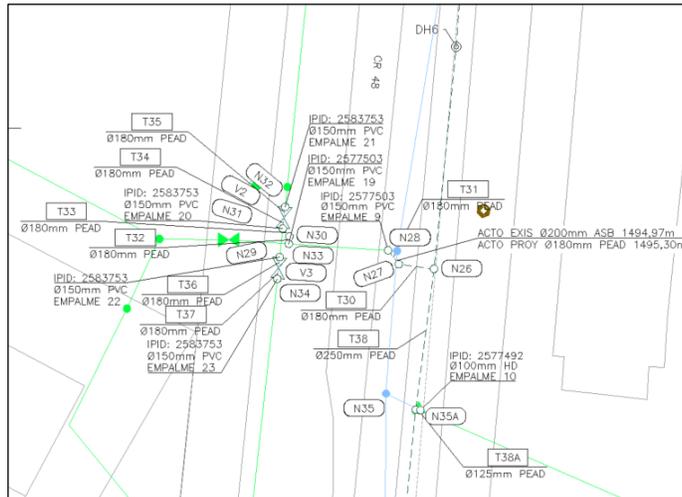
no fue consultada con la interventoría hasta este entregable y no se presentan las bases o sustentos de realizar dicho levantamiento.

- Para la zanja abierta, el contratista menciona que no hay restricción de parte del municipio para la intervención, se le solicita al contratista el sustento para afirmar esto.

Para planos:

- Se le solicitó al contratista presentar una lupa de la imagen mostrada, pues no se logra visualizar correctamente la cantidad de empalmes y los puntos en los cuales se presentan en el plano con nombre “RRAAC-EJ-0104-ACU-CAM-HID-PLA-046-(01-04)” (ver **Figura 10**)

Figura 10
Observación 1 a plano de diseño.

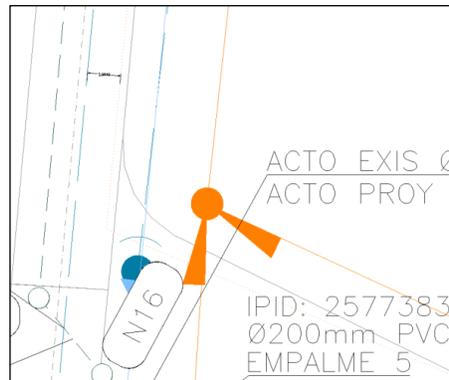


Nota: Tomado de interventoría Aguas Nacionales EPM E.S.P. (2023)

- Respecto al plano “RRAAC-EJ-0104-ACU-CAM-HID-PLA-046-(01-04)”, el contratista para este tramo presenta un cambio de alineamiento, sin embargo, de acuerdo con el plano presentado se podría presentar plantear por el mismo costado en el espacio entre las redes de aguas lluvias, ¿Cuál es la razón de no presentar el alineamiento en este espacio?

Figura 11

Observación 2 a plano de diseño.

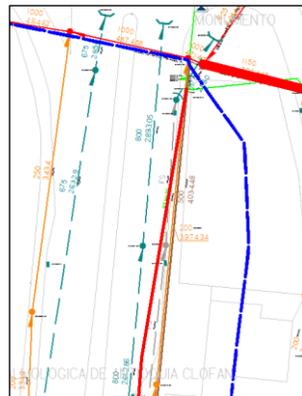


Nota: Tomado de interventoría Aguas Nacionales EPM E.S.P. (2023)

- Respecto al plano “RRAAC-EJ-0104-ACU-CAM-HID-PLA-046” se solicita al contratista tener en cuenta las redes que se encuentran en diseño y fuera de servicio, pues no se presentan para el tema de los cruces y posibles interferencias. Adicionalmente, en las secciones no se tienen en cuenta.

Figura 12

Observación 2 a plano de diseño.



Nota: Tomado de interventoría Aguas Nacionales EPM E.S.P. (2023)

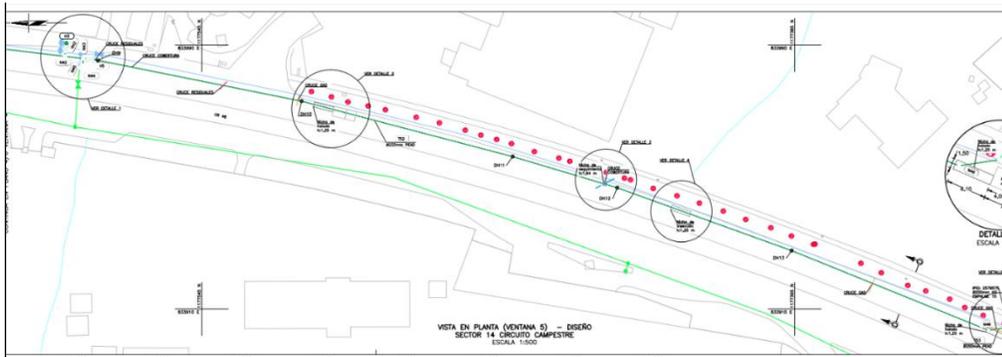
A cantidades y presupuesto en observaciones de la tecnología sin zanja propuesta:

- Por la dificultad de la zona de ejecución y considerando que aun con el proyecto sin zanja existe una afectación a la movilidad (pozos de inserción y de finalización, además de las zonas por donde se insertan las tuberías), se considera indispensable presentar por el contratista los esquemas sobre los

planos de los pozos y el área mínima requerida con las dimensiones en escala real. Incluir en estas áreas los equipos para el manejo de lodos o material de proveniente de la perforación, pues estos también hacen parte del cerramiento que se debe tramitar.

Figura 13

Observación 1 a cantidades y presupuestos.



Nota: Tomado de interventoría Aguas Nacionales EPM E.S.P. (2023)

El contratista atendió las observaciones al diseño solicitadas el día 3 de enero del 2024. Posterior a esto el día 7 de febrero del 2024, este realizó una entrega en versión 2, la que finalmente se aprueba el 12 de marzo del mismo año por parte de la interventoría Aguas Nacionales. Respecto a los entregables de diagnóstico y alternativas, a la fecha de culminación de esta práctica (Junio/2024), se encontraban en fase de atención a observaciones por parte del contratista.

5.2 Proyecto de alcantarillado GPZS-0938

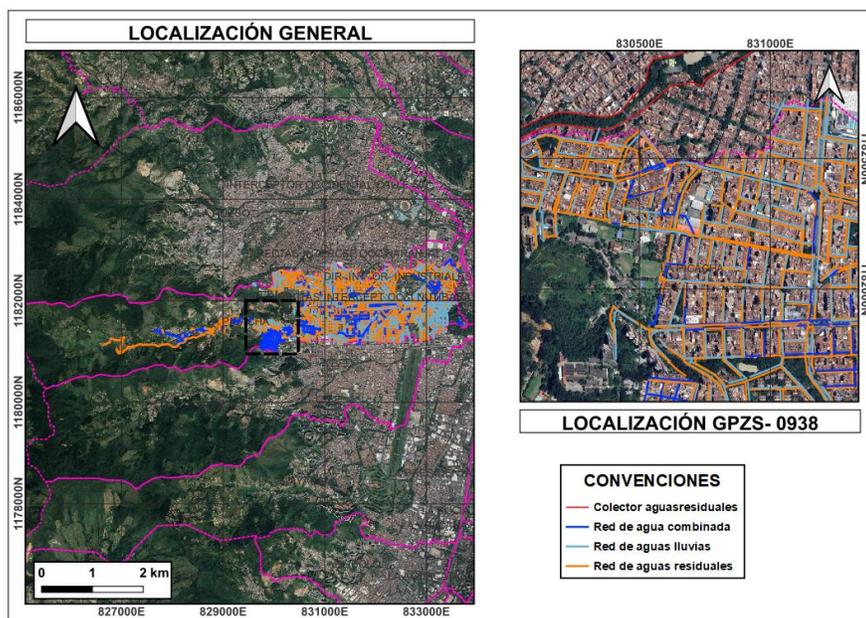
5.2.1 Aspecto generales del requerimiento GPZS-0938

El requerimiento u objeto del proyecto N° 374591, enviado desde EPM expone que “La vivienda ubicada en Calle 34 Cr 84-10 se inunda cuando llueve; las aguas se devuelven por caja de registro y sifones.” En la visita de inspección realizada por la empresa prestadora, el cliente informó que cada vez que llueve, las aguas residuales se devuelven a través de la caja de registro y los sifones. Personal operativo verificó la instalación ubicada en la Calle 34 Cra 84-10, (Calle 34 entre Cras 85B y 80B) en el municipio de Medellín, sector que hace parte del circuito de acueducto América y la cuenca sanitaria La Picacha (Ver **Figura 14**). Posteriormente, se habló con la usuaria

Beatriz Hernández, quien manifestó que la situación afecta una habitación situada por debajo del nivel de la calle desde hace varios años. Los hallazgos fueron: la instalación tiene una caja de registro conectada a la red pública operada por EPM, la cámara con IPID 6164619 mostró signos de rebose, y la cámara con IPID 6164602 estaba obstruida por raíces en un 90%. Adicionalmente, de acuerdo con la televisación de redes ejecutada, estas se encontraron en mal estado, por lo que es necesaria su reposición.

Figura 14

Localización GPZS-0938



Nota: Tomado de Consorcio REDES2020 (2023)

Como punto relevante para considerar, en la visita se identificó que se debe realizar investigación topográfica detallada de las redes de alcantarillado y de todas las estructuras existentes, esto con el fin de plantear alternativas de diseño.

5.2.2 Inspección en campo GPZS-0938

El día 30 de junio del 2023, se realizó visita de reconocimiento al GPZ junto a personal del contratista Consorcio 2020 e interventoría Aguas Nacionales EPM, donde se investigó la conexión de la acometida afectada, para esto se utilizó una prueba con trazadores desde la caja de acometida, confirmando que la vivienda se conecta al colector de aguas residuales de 200 mm en el tramo con

IPID: 6165439. Se observaron residuos en la cámara IPID: 6164619, indicando problemas de capacidad hidráulica y desbordes durante lluvias. En la cámara IPID: 6164614, parte de una red combinada que cruza al colector, se identificó un proyecto en curso para eliminar la descarga actual. Se solicitará información a EPM sobre proyectos en la zona que puedan afectar las redes evaluadas. La cámara IPID 6164602 mostró obstrucciones por raíces, afectando el 90% de la capacidad del colector, con raíces presentes en las tuberías de entrada y salida. La siguiente cámara, IPID 6164601, no mostró represamientos debido a una mejor pendiente del terreno, mejorando la capacidad de evacuación del fluido.

A continuación, se muestra algunos registros fotográficos de los elementos inspeccionados.

Tabla 9

Registro fotográfico visita de inspección GPZS-0938.

Nombre	Registro fotográfico
Prueba de colorantes en caja de acometida de vivienda afectada	 <p>Vertimiento de colorante en caja de acometida</p> <p>30 jun 2023 8:42:44 a. m. #GPZS-0938</p>
Interior de caja de acometida de vivienda afectada	 <p>CANAL ACOMETIDA CO. 34 OR 84-10</p> <p>SALIDA CONECTA CON COLECTOR RESIDUAL</p> <p>ENTRADA TUBERIA INDETERMINADA</p> <p>ENTRADA</p> <p>ACOMETIDA VIVIENDA AFECTADA</p> <p>30 jun 2023 8:23:53 a. m. #GPZS-0938</p>
Identificación cámara con IPID 6164602	 <p>CÁMARA IPID: 6164602</p> <p>COLECTOR RESIDUAL</p>

Nombre	Registro fotográfico
Obstrucción en la red con IPID 6165461	

Nota: Adaptado de Consorcio REDES2020 (2023)

5.2.3 Parámetros de diseño GPZS-0938

Para el diseño y modelación hidráulica de las redes de alcantarillado se trabajó con el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS (Resolución 0330 de 2017), además de la Resolución 0799 de 2021, la cual modifica la Resolución 0330 de 2017 y Normas de Diseño de Alcantarillado de Empresas Públicas de Medellín (2013). Cabe aclarar que el GPZ se compone por red de aguas combinadas, por lo cual se cuenta con aportes pluviales de viviendas aguas arriba.

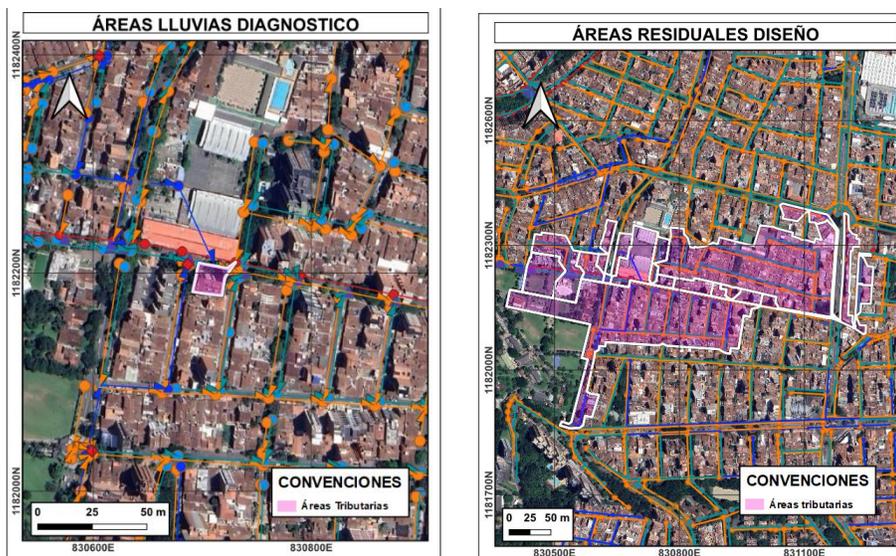
El proyecto se adapta a las siguientes características según la Norma de Diseño de Alcantarillado de EPM (2013):

- Periodo de diseño de 30 años, año final 2052.
- Coeficiente de retorno igual a 0.85.
- La estación pluviográfica utilizada fue Miguel de Aguinaga, propiedad de EPM.
- Periodo de retorno igual a 5 años, ya que se habla de tramos de alcantarillado con áreas tributarias menores que 10 ha.
- Las áreas tributarias de la zona a analizar están en zona con casas con bloques contiguos y zonas duras entre los bloques, por lo cual, el coeficiente de impermeabilidad utilizado es de 0.75 y en las casas de ladera se asigna un coeficiente de 0.45.
- Considerando que la Resolución 0799 de 2021 establece un parámetro de caudal de infiltración de 0.1 L/s-ha y que el caudal de conexiones erradas mantiene un valor máximo de 0.2 L/s-ha, se asume que la contribución total de estas dos fuentes (infiltración y conexiones erradas) es de 0.3 L/s-ha, ya que la red a reponer es de aguas residuales.

- Las áreas tributarias se determinaron según el trazado de las redes observado durante la inspección de los elementos y el levantamiento topográfico, complementado con información secundaria del MDA y los datos catastrales de urbanismo de la zona. Adicionalmente, para la delimitación de las áreas tributarias de agua lluvia, se consideró la cámara de inicio de la red pluvial ubicada en la calle 34 entre las carreras 83B y 83C. Esta cámara, que originalmente descargaba el agua hacia el colector con IPID 6196007, ahora será interceptada por la cámara proyectada, identificada como C3.

Figura 15

Áreas tributarias redes de diseño GPZS-0938



Nota: Tomado de Consorcio REDES2020 (2023)

- Áreas tributarias red de aguas residual proyectada: 18.6122 Ha
- Áreas tributarias red de agua lluvia existente: 0.0709 Ha
- Para calcular el caudal máximo de las aguas residuales, se utilizó la información proporcionada por EPM en el archivo de gestión de activos. Dado que las redes del GPZS-0938 incluyen tres tramos del circuito hidráulico Belencito y quince tramos del circuito América, se optó por usar la información del este último, ya que la mayoría de las redes están ubicadas allí. Para este circuito, la dotación es de 0.53 l/s-ha para el diagnóstico (año

2023) y 0.73 l/s-ha para el diseño (año 2050). El porcentaje de pérdidas es del 39% para el diagnóstico (año 2023) y del 35% para el diseño (año 2050). Adicionalmente, para el cálculo de caudal de aguas lluvias, se utilizó el Método Racional.

- A continuación, se muestra otros parámetros que se tuvieron en cuenta para el diseño de la red.

Tabla 10

Parámetros de diseño GPZS-0938

Parámetro	Valor	Unidad
Contribución por infiltraciones	0.1 Infiltraciones (Red Residual) 0.2 Conexiones erradas (Red Residual)	L/s-ha
Coeficiente de rugosidad (N) Manning	PVC= 0.009	Adimensional
	Polietileno = 0.009 - 0.015	
	Concreto = 0.013	
Velocidad Mínima	0.45 (o τ_{\min} de 1.5 Pa); Aguas Residuales	m/s
Velocidad Máxima	5	m/s
Fuerza Tractiva ⁷	$\tau = \gamma \times R_h \times S$	Pa [N/m ²]

Nota: Adaptado de Consorcio REDES2020 (2023)

5.2.4 Análisis y selección de alternativa.

El contratista comentó en sus informes que gran parte de las redes de aguas residuales del colector de la quebrada La Matea están en una zona verde al norte de la calle 34, entre las carreras 85B y 81A. Desde allí, las redes se desvían hacia la vía existente hasta la carrera 80C. En esta zona hay diversas infraestructuras, incluyendo una estructura Box Culvert para encauzar las aguas de la quebrada, y varias redes de servicios públicos como agua potable y gas. Las redes en zonas verdes incumplen con las normas de diseño de EPM y la Resolución 0330 de 2017. Por lo tanto, planteó conservar el colector en la zona verde entre las carreras 84 y 85B, reubicar el colector hacia la vía entre las carreras 84 y 82, empalmar el colector reubicado a la red secundaria de aguas residuales existente entre las carreras 84 y 81^a, construir dos cámaras nuevas en la intersección de la calle 34 con la carrera 80C.

Con el fin de seleccionar la alternativa adecuada, el día 20 de octubre del 2023, se sostuvo reunión con contratista e interventoría. Se indicó que la única y más viable solución es hacer la reposición de los tramos iniciales ubicados en la franja de zona verde entre las carreras 84 y 85B mediante tecnología sin zanja (Pipe Bursting), debido a la falta de espacio para reubicarlos en la vía. Luego, se procederá con la reubicación de los tramos de la zona verde hacia la vía entre las carreras 84 y 82 mediante zanja abierta. Desde la carrera 82 hasta la 80C, se renovarán y repondrán los tramos existentes que presentan grietas, huecos, fisuras, y otros daños, también mediante zanja abierta, reconectando todas las acometidas de las viviendas a lo largo de estos tramos. Esta solución garantiza el adecuado funcionamiento del sistema y ha sido autorizada por la interventoría para resolver la problemática encontrada (CONSORCIO REDES 2020, 2023). En la figura a continuación se muestra el esquema de trazado propuesto.

Figura 16
Trazado propuesto diseño GPZS-0938



Nota: Tomado de Consorcio REDES2020 (2023)

5.2.5 Diseño hidráulico de las redes a reponer del GPZS-0938

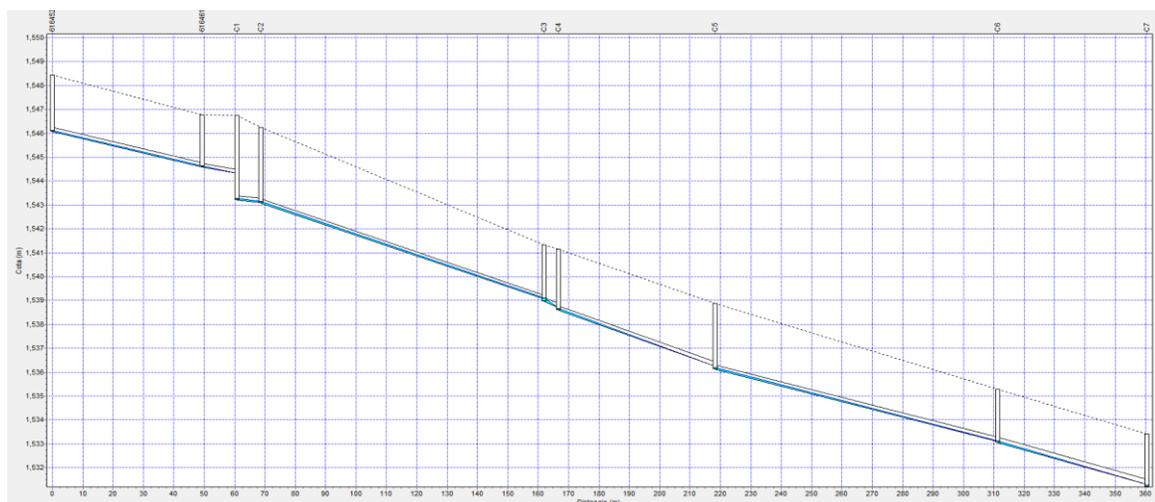
El dimensionamiento de la red propuesta se realiza utilizando una hoja de cálculo en Excel de EPM con el fin de verificar el funcionamiento de cada tramo bajo condiciones de flujo uniforme. Adicionalmente, se realiza un chequeo de capacidad hidráulica bajo condiciones de flujo

gradualmente variado con el software EPA SWMM, según lo indica la Resolución 0330 y la norma de diseño de alcantarillado de EPM 2013.

Con el resultado arrojado del chequeo, se verifica que los tramos de diseño cumplen con todos los parámetros hidráulicos normativos para el caudal de diseño. La relación máxima de capacidad es $h/D = 54\%$, la relación máxima de sobrecarga es $q/Q_0 = 0.47$, y la velocidad máxima del flujo es de 2.64 m/s. Los tramos de diseño se especifican con diámetros internos de 176.20, 220.47, 312.80 y 396.60 mm en material PEAD PE100-PN10, utilizando el método de Pipe Bursting para los tramos entre las cámaras 6164523-6164619-C1 y a zanja abierta para los tramos restantes.

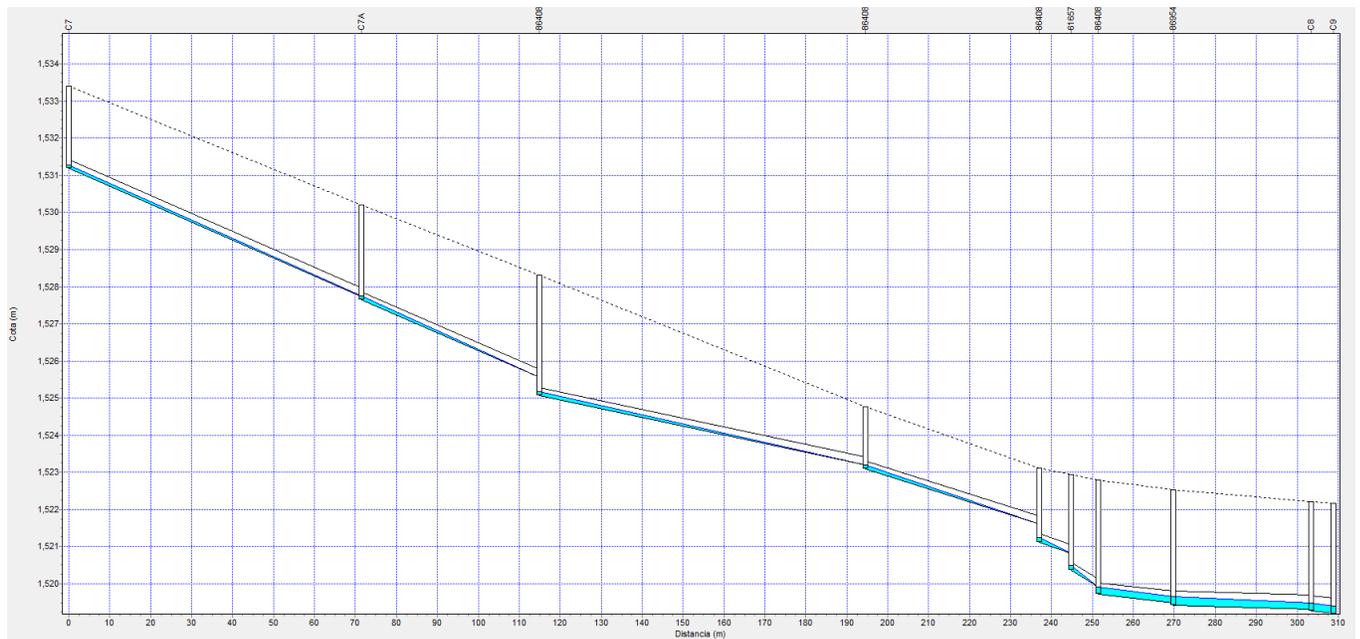
A continuación, se muestra un mapa temático de capacidad hidráulica (Q/Q_0) junto con el perfil hidráulico obtenido a través de la modelación, permitiendo observar el comportamiento de la línea de gradiente hidráulico a lo largo de la red evaluada.

Figura 17
Perfil hidráulico sección 1 GPZS-0938



Nota: Tomado de Consorcio REDES2020 (2023)

Figura 18
Perfil hidráulico sección 2 GPZS-0938



Nota: Tomado de Consorcio REDES2020 (2023)

Estos perfiles muestran como la línea de flujo máximo sugiere que las cámaras no se desbordan con el caudal de diseño y que el flujo de agua en las tuberías no alcanza niveles críticos, evitando así operar a su máxima capacidad o llenarse completamente. Esto confirma que el diseño es adecuado y que el comportamiento hidráulico de las redes a reponer cumple con los lineamientos establecidos por la normativa. (CONSORCIO REDES 2020, 2023).

Respecto a las cámaras de inspección fueron dimensionadas con 1,2 metros de diámetro, y calculadas con el método HEC-22[4]. Todas cumplen con las profundidades mínimas necesarias. La simulación hidráulica en SWMM no mostró efectos de resalto hidráulico ni inundaciones, y se ingresaron los coeficientes de pérdidas de entrada y salida según HEC-22, que son 0.2 y 0.4 respectivamente.

5.2.6 Revisión y seguimiento por parte de interventoría al GPZS-0938.

El día 20 de octubre del 2023, ingresa a interventoría Aguas Nacionales EPM el diseño en versión 1 por parte del contratista. Se devuelve con observaciones el día 8 de noviembre del 2023 y se realiza una nueva entrega, esta vez versión 2 para su revisión el 7 de diciembre del 2023. Finalmente se aprueba el día 19 de marzo del 2024. Cabe aclarar que en los lapsos del tiempo entre entregas, la interventoría sostuvo diferentes reuniones junto a personal del contratista, esto con el fin de darle pronta aprobación al diseño para su posterior ejecución.

6 Conclusiones

En la evaluación de las redes de acueducto en el circuito Campestre Sector 14, se encontraron principalmente tuberías de asbesto cemento, con algunas secciones de acero. De los 1.879,71 metros revisados, 1.772,78 metros fueron confirmados como asbesto cemento, y se descartaron 106,93 metros de acero. Respecto al análisis de alternativas, se ajustaron los tramos de redes a reponer, reduciendo la longitud de asbesto cemento de 1.772,78 m a 1.467,23 m tras verificar que ciertas secciones eran de PVC. Se evaluaron tres alternativas constructivas para atravesar la quebrada La Olleta, eligiendo la "malla abierta" por menor riesgo e impacto vial. El análisis hidráulico confirmó que el reemplazo por tuberías de PEAD mantendría presiones y velocidades adecuadas. El contratista propone el método de zanja abierta y la tecnología sin zanja PHD para la construcción. Para el diseño hidráulico del sector 14, el contratista propuso instalar tuberías de PEAD de 250 mm, con diámetros menores en empalmes específicos, utilizando métodos constructivos como zanja abierta y Perforación Horizontal Dirigida (PHD). Tras recibir observaciones de la interventoría, se ajustó el diseño, finalmente aprobado en marzo de 2024, sin embargo, a junio del 2024, no se han aprobado los entregables de diagnóstico y alternativas.

El requerimiento GPZS-0938 fue originado debido a las inundaciones recurrentes en una vivienda ubicada en la Calle 34 Cra 84-10, Medellín, provocadas por el retorno de aguas residuales a través de la caja de registro y sifones durante lluvias. Tras su inspección, se detectaron obstrucciones por raíces y mal estado de las redes, lo que justificó la necesidad de su reposición.

El análisis y la selección de alternativas involucraron el uso de tecnología sin zanja para tramos específicos y zanja abierta para otros, asegurando un diseño acorde con las normativas y garantizando el adecuado funcionamiento del sistema de alcantarillado.

La evaluación de alternativas para la reposición de redes de "asbesto cemento" sugiere que las tuberías de PVC, polietileno de alta densidad (PEAD) y fibra de vidrio son opciones viables en el marco global de alternativas factibles para la reposición de este material. El PVC es económico y fácil de instalar, el PEAD es resistente y flexible, y la fibra de vidrio es duradera y resistente a la corrosión, aunque más costosa. Es recomendable seleccionar la opción según las condiciones del proyecto y capacitar al personal para una transición segura y eficiente. EPM elige en sus proyectos de reposición de tuberías al polietileno de alta densidad (PEAD) debido a su durabilidad, resistencia a la corrosión, flexibilidad y bajo peso, lo que facilita la instalación y reduce el riesgo de fugas. Además, el PEAD requiere menos mantenimiento, no presenta riesgos para la salud, y es reciclable, ofreciendo una solución sostenible, segura y eficiente para las redes de distribución.

La revisión del diseño para la reposición de redes de acueducto y alcantarillado por parte de interventoría Aguas Nacionales EPM es crucial para garantizar el cumplimiento de normativas y estándares de calidad. Este enfoque asegura que las obras se realicen de manera eficiente y segura, minimizando riesgos y optimizando recursos. El acompañamiento en estos procesos en el semestre de industria fue fundamental para la constitución de conocimientos respecto al área de diseño de redes en obras de construcción.

Durante el periodo de práctica, se elaboraron informes semanales y mensuales que recopilaban la gestión del área de diseño en los distintos proyectos de acueducto y alcantarillado, adicionalmente, se actualizaban bitácoras y documentos con los planos entregados por el contratista. Se apoyó al área de diseño de la interventoría en la recopilación y organización de información sobre los diseños programados, adquiriendo conocimientos en la correcta revisión y seguimiento a diseño hidráulicos.

7 Referencias

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 2001. Reseña Toxicológica del Asbesto (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública.

Badorrey, M. I., Monsó, E., Teixidó, A. M. B., Pifarré, R., Rosell, A., & Llatjós, M. (2001). Frecuencia y riesgo de neoplasia broncopulmonar relacionada con asbesto. *Medicina Clínica*, 117(1), 1-6. [https://doi.org/10.1016/s0025-7753\(01\)71993-8](https://doi.org/10.1016/s0025-7753(01)71993-8)

Castañeda, C. A. C., Garzón, C., & Zambrano, Á. Z. (2016). COLOMBIA SIN ASBESTO (Perspectiva ambiental). *Bio-grafía*. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.extra2016-6333>

Concejo de Medellín (2019, 18 de junio). EPM <https://www.concejodemedellin.gov.co/epmreemplazara-173-kilometros-de-tuberias-de-asbesto-cemento-en-el-valle-de-aburra/>

CONSORCIO C&C-GAAL. (2023). *DIAGNÓSTICO DE ACUEDUCTO CIRCUITO CAMPESTRE SECTOR 14 VERSIÓN 1*. Autor.

CONSORCIO C&C-GAAL. (2023). *ALTERNATIVAS DE ACUEDUCTO CIRCUITO CAMPESTRE SECTOR 14 VERSIÓN 1*. Autor.

CONSORCIO C&C-GAAL. (2023). *DISEÑO DE ACUEDUCTO CIRCUITO CAMPESTRE SECTOR 14 VERSIÓN 1*. Autor.

CONSORCIO REDES 2020. (2023). *DISEÑO DE GPZS-0938 VERSIÓN 1*. Autor.

De Jesús, M. G. A. (2022). Revisión y seguimiento al diagnóstico, alternativas y diseño de redes de acueducto en la comuna 1, municipio de Medellín y red de alcantarillado en el barrio Obrero, municipio de Bello. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/32072>

De Los Andes, U. (2019, 25 julio). Reviva la charla: Historia y prohibición de los asbestos en Colombia. Universidad de los Andes - Colombia - Sitio oficial. <https://uniandes.edu.co/es/noticias/ingenieria/en-vivo-historia-y-prohibicion-de-los-asbestosen-colombia>

El asbesto y el riesgo de cáncer. (2012). Cancer.org. <https://www.cancer.org/es/cancer/prevencion-del-riesgo/sustancias-quimicas-y-cancer/asbesto.html>.

Giraldo, A. C. O., Gómez-Gallego, D. M., & Correa, C. E. E. (2013). Asbesto en Colombia: un enemigo silencioso. *Iatreia*, 27(1). <https://doi.org/10.17533/udea.iatreia.14383>

Información sobre el asbesto | US EPA. (2023, 24 marzo). US EPA. <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-sobre-el-asbesto>

Lynch, K. M., & Smith, W. E. (1935). Pulmonary Asbestosis III: Carcinoma of lung in AsbestoSilicosis. *American journal of cancer*, 24(1), 56-64. <https://doi.org/10.1158/ajc.1935.56>

Macías-Cardona, H. A., & Farfan-Lievano, A. (2017). Integrated reporting as a strategy for firm growth: multiple case study in Colombia. *Meditari accountancy research*, 25(4), 605-628. <https://doi.org/10.1108/medar-11-2016-0099>

Medellín es pionero en la región sustituyendo tuberías antiguas de asbesto. (2021, 14 octubre). <https://www.autodesk.com/es/design-make/articles/tuberias-antiguas-de-asbesto>

Moyano, C., & Ramírez, W. D. D. (2016). LEGISLACIÓN y REGLAMENTACIÓN PARA EL USO DEL ASBESTO: NORMATIVIDAD y PROHIBICIÓN. *Bio-grafía*. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.extra2016-6330>