

DISEÑO HIDRÁULICO RED DE ALCANTARILLADO

Proyecto:

OPTIMIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA RED DE ALCANTARILLADO URBANO
DE LA CARRERA 5 ENTRE CALLES 7 Y 8 Y LA CALLE 8 ENTRE CARRERA 5A Y 5B
EN EL MUNICIPIO DE MONGUÍ, BOYACÁ

Marzo de 2026

Tabla de contenido

<u>1.</u>	<u>Introducción.....</u>	<u>4</u>
<u>2.</u>	<u>Objetivos.....</u>	<u>5</u>
2.1.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
<u>3.</u>	<u>Información general</u>	<u>6</u>
3.1.	LOCALIZACIÓN GENERAL.....	6
3.2.	LOCALIZACIÓN PARTICULAR	7
3.3.	ALCANCE	7
<u>4.</u>	<u>Evaluación de la demanda</u>	<u>8</u>
4.1.	DEFINICIÓN DEL PERIODO DE ANÁLISIS	8
4.2.	CRITERIOS DE ESTIMACIÓN POBLACIONAL	8
<u>5.</u>	<u>Diseño sistema de la red de alcantarillado sanitario</u>	<u>9</u>
5.1.	CONSUMO Y APORTES.....	9
	RESIDENCIAL	9
	CAUDAL MEDIO DIARIO ALCANTARILLADO	9
	CAUDAL MÁXIMO HORARIO ALCANTARILLADO.....	9
	CAUDAL DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO	10
5.2.	PARÁMETROS HIDRÁULICOS	10
5.3.	CARACTERÍSTICAS DE LA RED.....	12
	LONGITUD DE LOS TRAMOS DE LA RED	12
	PENDIENTE DE LA RED	13
	MATERIAL DE LA RED	13
	DIÁMETRO DE LA RED.....	14
5.4.	ANÁLISIS DEL SISTEMA	14
	CAPACIDAD (Y/D)	14
	VELOCIDAD	15
	FUERZA TRACTIVA.....	16
	RÉGIMEN DE FLUJO.....	16
<u>6.</u>	<u>Conclusiones y recomendaciones.....</u>	<u>17</u>
<u>7.</u>	<u>Bibliografía</u>	<u>18</u>

Índice de figuras

Figura 1.	Localización general del proyecto	6
Figura 2.	Localización del tramo de intervención	7
Figura 3.	Consulta geo portal DANE	8
Figura 4.	Longitudes de tramos del sistema de alcantarillado	12
Figura 5.	Pendientes del sistema de alcantarillado	13
Figura 6.	Material de los tramos de la red de alcantarillado	13
Figura 7.	Diámetros en la red de alcantarillado	14
Figura 8.	Capacidad (Y/D) diseño red de alcantarillado	15
Figura 9.	Velocidad diseño red de alcantarillado	15
Figura 10.	Esfuerzo cortante en los tramos de alcantarillado	16
Figura 11.	Régimen de flujo red de alcantarillado	16

Índice de tablas

Tabla 1	Estimación de caudales sanitarios por tramo	10
---------	---	----

1. Introducción

El adecuado manejo de las aguas residuales constituye un componente fundamental en la planificación y desarrollo de los centros urbanos, en la medida en que permite reducir riesgos sanitarios, proteger los recursos hídricos y garantizar condiciones mínimas de habitabilidad para la población. En contextos donde la infraestructura de saneamiento es insuficiente o presenta deficiencias, se generan impactos que afectan tanto el entorno ambiental como la calidad de vida de los habitantes.

En el municipio de Monguí, particularmente en el sector comprendido entre la carrera 5 entre calles 7 y 8 y la calle 8 entre carreras 5A y 5B, se identifican limitaciones en la red de alcantarillado sanitario, asociadas principalmente a la falta de continuidad y a condiciones operativas que no permiten una adecuada recolección y conducción de las aguas residuales domésticas.

En atención a lo anterior, se plantea el desarrollo del proyecto denominado “Optimización y mejoramiento de la red de alcantarillado urbano de la carrera 5 entre calles 7 y 8 y la calle 8 entre carrera 5A y 5B en el municipio de Monguí, Boyacá”, el cual busca definir e implementar una solución técnica que permita mejorar las condiciones del sistema existente, asegurando una adecuada recolección, conducción y disposición de las aguas residuales generadas en el sector. De esta manera, el desarrollo de los estudios y diseños hidráulicos asociados al proyecto se orienta a establecer una alternativa técnicamente viable, acorde con los lineamientos normativos vigentes, que contribuya al fortalecimiento del sistema de saneamiento básico del municipio y a la mitigación de los impactos ambientales y sanitarios actualmente presentes.

2. Objetivos

- Realizar el diseño hidráulico para la optimización y mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario en el sector comprendido entre la carrera 5 entre calles 7 y 8 y la calle 8 entre carreras 5A y 5B del municipio de Monguí, garantizando un funcionamiento adecuado conforme a los parámetros técnicos y normativos vigentes.

2.1. Objetivos específicos

- Mostar el resultado del diseño de la red de alcantarillado de la zona del proyecto.
- Analizar bajo que escenario el sistema presenta condiciones óptimas de servicio, cumpliendo con las normas y recomendaciones brindadas por la RAS.
- Suministrar un primer trazado del alcantarillado sanitario que brinde mejores condiciones de servicio a la comunidad.

3. Información general

3.1. Localización general

El municipio de Monguí se encuentra ubicado en la provincia de Sugamuxi, en el departamento de Boyacá, a una distancia aproximada de 97 km de la ciudad de Tunja, capital departamental.

Geográficamente, Monguí limita al norte con los municipios de Tópaga y Mongua; al oriente con el municipio de Mongua; y al sur y occidente con el municipio de Sogamoso. Administrativamente, el municipio se encuentra conformado por nueve veredas y siete barrios en su zona urbana, dentro de una extensión territorial aproximada de 81 km², con una densidad poblacional cercana a 60,49 habitantes por kilómetro cuadrado.

El clima del municipio es predominantemente frío, con una temperatura mínima aproximada de 8 °C, una temperatura máxima de 16,6 °C y una temperatura media cercana a 13 °C, condiciones climáticas características de los municipios ubicados en el altiplano de la región.



Figura 1. Localización general del proyecto

Fuente: Elaboración propia

3.2. Localización particular

La zona del proyecto se localiza en el sector comprendido entre la carrera 5 entre calles 7 y 8 y la calle 8 entre carreras 5A y 5B, dentro del casco urbano del municipio de Monguí. Este conjunto de vías hace parte de la malla vial interna del municipio, cumpliendo una función de articulación entre sectores residenciales y facilitando la movilidad local.

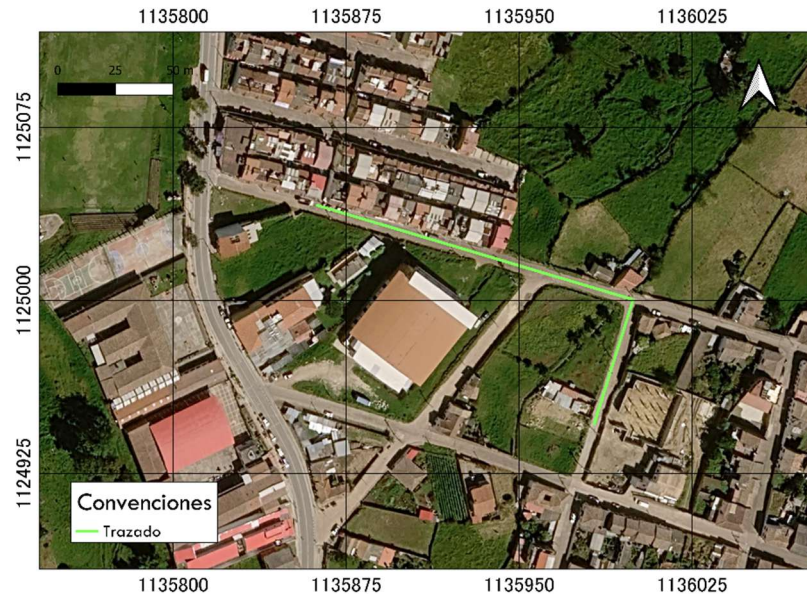


Figura 2. Localización del tramo de intervención
Fuente: Elaboración propia

3.3. Alcance

Dentro de las funciones de los municipios, tal como lo establece la normativa vigente en Colombia, se encuentran las de proveer soluciones a las necesidades de educación, salud, saneamiento ambiental, agua potable y servicios públicos domiciliarios. Así mismo, es deber del Estado garantizar que la prestación de los servicios públicos se realice de manera eficiente y continua.

En concordancia con estos lineamientos, el municipio de Monguí busca poner en marcha el proyecto objeto del presente informe, dando cumplimiento adicionalmente a los lineamientos establecidos en su esquema de ordenamiento territorial, el cual contempla el fortalecimiento y ampliación de la cobertura de los servicios de saneamiento básico en el área urbana del municipio.

En este contexto, se plantea la ejecución del proyecto de construcción del sistema de alcantarillado sanitario localizado dentro del casco urbano del municipio.

4. Evaluación de la demanda

4.1. Definición del periodo de análisis

De acuerdo con lo establecido en el artículo 40 de la Resolución 0330 de 2017, el período de diseño para los sistemas de alcantarillado corresponde a 25 años. En este sentido, el análisis hidráulico del presente proyecto considera como horizonte de evaluación los años 2026 y 2051.

4.2. Criterios de estimación poblacional

Para el presente proyecto, y considerando la escala y el carácter localizado del área de intervención, no se desarrolla una proyección poblacional detallada para los horizontes definidos. Si bien existen metodologías que permiten estimar el crecimiento demográfico, su aplicación resulta extensa frente al nivel de complejidad requerido, dado que el sector presenta una ocupación mayoritariamente consolidada y el crecimiento esperado se limita principalmente a la ocupación de algunos lotes disponibles

En este contexto, se adopta un enfoque simplificado y conservador, en el cual se asume que la totalidad de las acometidas existentes y potenciales aportan caudal sanitario al sistema desde el inicio del periodo de análisis, representando así un escenario de máxima contribución

Para la estimación de la población de diseño, se emplea información oficial del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), obtenida a partir del análisis geoespacial del Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV 2018) para el área específica de estudio, como se presenta en la Figura 3.

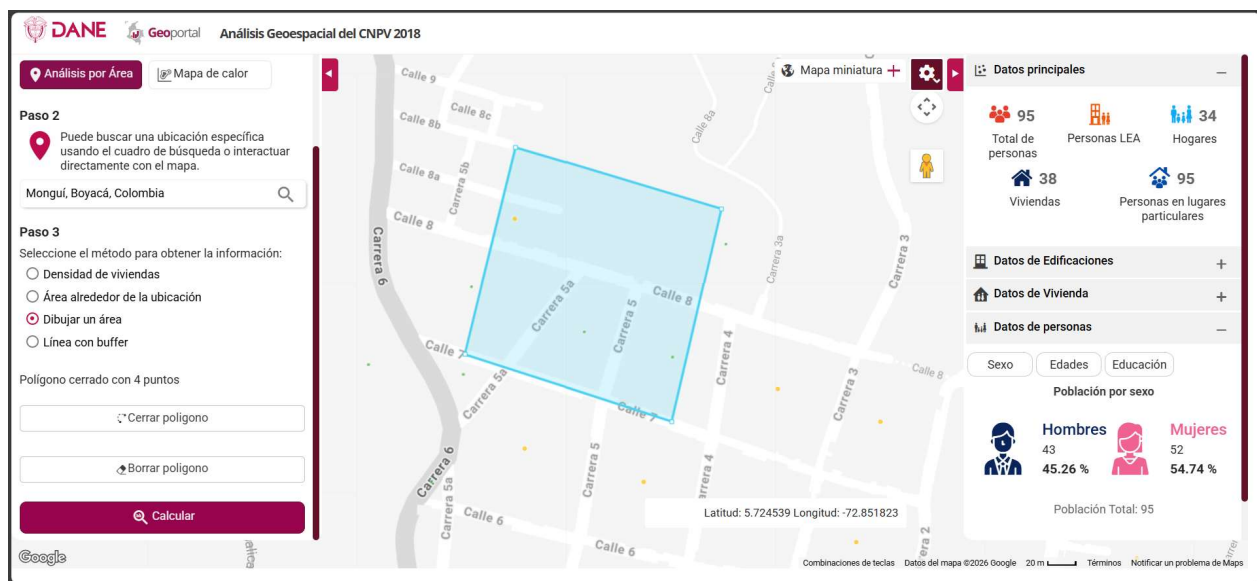


Figura 3. Consulta geo portal DANE

Fuente: (DANE: Departamento Administrativo Nacional de estadística, 2020)

A partir de dicha información, se establece un valor de **2.5 habitantes por vivienda**, el cual se adopta como densidad habitacional representativa del sector y se mantiene constante a lo largo del horizonte de diseño. Este criterio permite estimar de manera coherente la población equivalente asociada al número total de viviendas actuales y proyectadas.

5. Diseño sistema de la red de alcantarillado sanitario

5.1. Consumo y aportes

A continuación, se procederá a cuantificar el consumo en el área del proyecto, a partir de la información disponible y, a partir del consumo, calcular el aporte de aguas residuales.

Residencial

De acuerdo con lo establecido en el artículo 43 de la Resolución 0330 de 2017, la dotación neta para proyectos de agua potable y saneamiento básico en poblaciones ubicadas por encima de los 2.000 m s.n.m. no debe exceder los 120 L/hab-día. En este sentido, se adopta una dotación conservadora acorde con las condiciones del proyecto.

Por tanto, el caudal residencial se calcula como se indica a continuación:

$$Q_r = \frac{\text{Población} \times \text{Dotación}}{86400}$$

Caudal medio diario alcantarillado

Inicialmente se deben buscar o calcular el consumo de agua potable para cada tipo de usuario del sistema, con el propósito de determinar el caudal medio de diario de alcantarillado.

$$Q_{md} = CR * (Q_r + Q_c + Q_{ind} + Q_{inst})$$

Donde

Q_r es el caudal de consumo residencial

Q_c es el caudal de consumo comercial

Q_{ind} es el caudal de consumo industrial

Q_{inst} es el caudal de consumo institucional

CR es el coeficiente de retorno el cual bajo el artículo 134 de la resolución 0330 de 2017 si no hay información de campo se debe tomar un valor de 0.85.

Caudal máximo horario alcantarillado

El caudal máximo horario corresponde al caudal que se produce durante la hora de mayor consumo. Para su estimación se parte del caudal medio diario, el cual se afecta mediante un factor de mayoración. De acuerdo con el artículo 134 de la Resolución 0330 de 2017, este factor debe determinarse con base en mediciones de campo; sin embargo, en ausencia de datos reales, es válido el uso de ecuaciones empíricas.

En este sentido, se adopta la expresión de Babbitt para el cálculo del factor de mayoración, considerando que la población servida por el tramo es inferior a 1.000 habitantes, condición bajo la cual este método resulta aplicable y proporciona un enfoque conservador acorde con la variabilidad del consumo en sistemas de pequeña escala. El valor obtenido se verifica para garantizar que se encuentre dentro del rango recomendado por la normativa, comprendido entre 1.4 y 3.8.

Caudal de diseño de alcantarillado

El caudal de diseño de alcantarillado integra el efecto que tiene en el sistema las conexiones erradas y la infiltración de aguas del suelo dentro de la red, de la siguiente manera:

$$Q_{dis} = Q_{MH} + Q_{CE} + Q_{Infil}$$

Donde

Q_{MH} es el caudal máximo horario

Q_{CE} es el caudal de conexiones erradas y Q_{Infil} es el caudal de infiltración.

Para determinar el caudal de conexiones erradas el artículo 134 de la resolución 0330 solicita: “*Los aportes por conexiones erradas deben estimarse a partir de la información existente de la localidad. En ausencia de esta información deberá utilizar un valor máximo de 0.2 L/s.ha.*”. Así, se asume un valor de 0.2 L/s/Ha como aporte de conexiones erradas.

Para determinar el caudal de infiltración el mismo artículo, el 134 de la resolución 0330 solicita que se realicen los aforos y estudios respectivos para determinar este parámetro y en caso de ausencia de datos e información se asuma un valor entre 0.1 y 0.3 L/s.ha. Para efectos del presente diseño se considera un valor de 0.1 L/s.ha como aporte de infiltración.

Tabla 1 Estimación de caudales sanitarios por tramo

Tramo	Acometidas	Hab	Q Res (L/s)	Qmd (L/s)	Área acum (ha)	Qinf+QCE (L/s)	Factor de mayoración	QMD (L/s)	Q calc (L/s)	Q Dis (L/s)
CO-1	2.0	5.0	0.01	0.01	0.50	0.15	3.80	0.02	0.17	1.50
CO-2	6.0	15.0	0.02	0.02	1.34	0.40	3.80	0.07	0.47	1.50
CO-3	21.0	52.5	0.06	0.06	1.86	0.56	3.80	0.24	0.79	1.50

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados obtenidos, se observa que los caudales calculados para los diferentes tramos, aun considerando los aportes por infiltración y la aplicación del factor de mayoración, presentan valores inferiores al caudal mínimo normativo de diseño. En particular, los caudales resultantes oscilan entre 0.17 L/s y 0.79 L/s, evidenciando que el sistema opera bajo condiciones de baja contribución.

Dadas las condiciones del proyecto, si bien se realizó la estimación detallada de los caudales de aporte sanitario e infiltración, los resultados obtenidos evidencian que el caudal calculado es inferior al mínimo establecido por la normativa. En este sentido, y conforme a lo dispuesto en el numeral 7 del artículo 134 de la Resolución 0330 de 2017, se adopta como criterio de diseño un **caudal mínimo de 1.5 L/s** por tramo, garantizando así condiciones adecuadas de operación hidráulica del sistema

5.2. Parámetros hidráulicos

Flujo uniforme

Para efectos de cálculo, se asumirá que los conductos de alcantarillado pueden entenderse como conductos hidráulicamente largos. Esto quiere decir que presentan la longitud suficiente para que en ellos se alcance a presentar la profundidad normal.

Para el cálculo de la profundidad normal se utiliza la ecuación de Manning, que se muestra a continuación:

$$Q = \frac{A}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}, \quad R = \frac{A}{P}$$

Donde:

- A : Área de la sección hidráulica, en m^2
- n : Coeficiente de rugosidad de Manning
- R : Radio hidráulico en m
- S : Pendiente en m/m
- P : Perímetro mojado del conducto, en m.

De la expresión anteriormente descrita se obtiene la profundidad normal. En el caso típico de alcantarillado se utilizan secciones circulares, por lo cual, resulta muy complejo despejar la profundidad en la ecuación mostrada. Por este motivo, suelen usarse diferentes métodos para determinar el valor de la profundidad hidráulica.

Régimen de flujo

Para el correcto funcionamiento de los tramos y evitar, de toda forma, los constantes cambios en el mismo, se procura que todos los tramos siempre estén funcionando en régimen de flujo subcrítico o supercrítico. Por este motivo, para evitar que se produzca flujo crítico en los conductos de la red se debe procurar que el Número de Froude no se encuentre en el intervalo de 0.9 a 1.1

$$0.9 > NF \text{ o } 1.1 < NF$$

Relación máxima entre profundidad y diámetro

Con el fin de permitir la correcta circulación de aire en los conductos de alcantarillado, y dejar un margen de seguridad en la capacidad utilizada de los conductos, la resolución 0330 de 2017 plantea, en su artículo 143, que: la relación entre profundidad de flujo y diámetro interno de la tubería en ningún caso debe ser superior a 85%.

$$\frac{y}{D} \leq 85\%$$

Velocidades máximas y mínimas

Por condiciones de operatividad del sistema, autolimpieza y cuidado de la red se establecen límites superiores e inferiores para la velocidad de flujo en el sistema. En el caso de límite superior, el artículo 142 de la Res. 0330 plantea: “La velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar 5.0 m/s, determinada para el caudal de diseño”

La normativa actual vigente no determina un límite inferior para la velocidad de flujo siempre y cuando se produzca la fuerza tractiva suficiente para que asegure la autolimpieza en los conductos.

$$V < 5.00 \text{ m/s}$$

Fuerza tractiva

Se observa el parámetro de fuerza tractiva para asegurar que en los conductos se produzca la condición de autolimpieza, es decir, que el flujo tenga la capacidad de arrastrar todos los sólidos que puedan llegar a sedimentarse en el trayecto.

El cálculo de este parámetro se realiza utilizando la siguiente expresión:

$$\tau = \gamma RS$$

Donde:

- τ : Esfuerzo cortante en las paredes del conducto, en Pa.
 γ : Peso específico del agua residual, N/m³. (11200 kN/m³)
 R : Radio hidráulico, en m.
 S : Pendiente tubería, en m/m.

En la Res. 0330 de 2017, en el artículo 141, plantea que el valor de este parámetro no debe ser inferior a 1.0 Pa en todo el horizonte de diseño.

$$\tau \geq 1.0 \text{ Pa}$$

Diámetro mínimo

De acuerdo con la resolución 0330 de 2017, el diámetro interno real mínimo en los alcantarillados sanitarios debe ser 170 mm. Por lo general, de acuerdo con los diámetros comerciales generalmente usados, las tuberías que cumplen con este requerimiento son las tuberías de diámetro igual o superior a ocho pulgadas (8") diámetro nominal.

$$D \geq 170 \text{ mm}$$

5.3. Características de la red

Longitud de los tramos de la red

De acuerdo con el trazado inicial de la red de alcantarillado, se presenta una representación gráfica de los tramos de la sanitaria en la Figura 4.

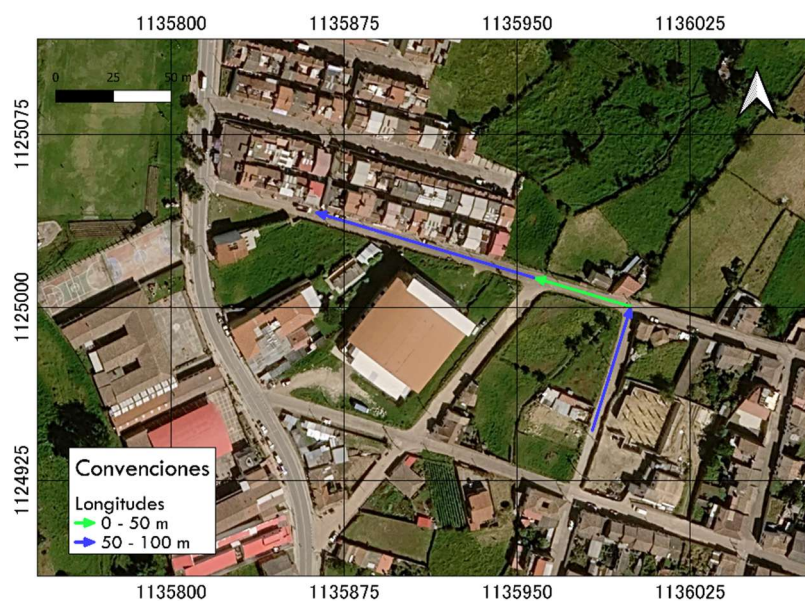


Figura 4. Longitudes de tramos del sistema de alcantarillado
Fuente: Elaboración propia.

Pendiente de la red

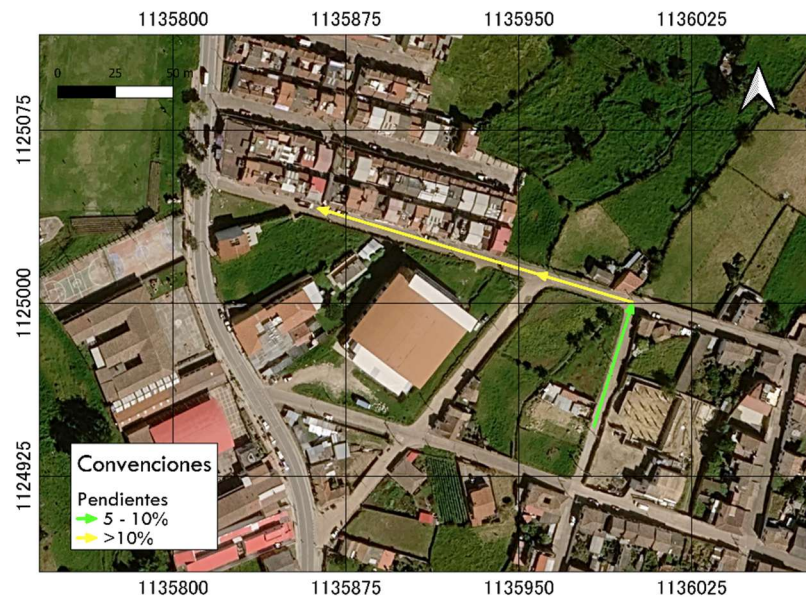


Figura 5. Pendientes del sistema de alcantarillado
Fuente: Elaboración propia.

Existen 2 tramos con pendiente elevada, esto causado las condiciones topográficas. El diseño se realizó teniendo en cuenta las condiciones de recubrimiento mínimo de las tuberías y buscando que el trazado vertical de los tramos no provocara excavaciones de una magnitud considerable y los pozos de inspección no cuenten con una profundidad muy elevada.

Material de la red

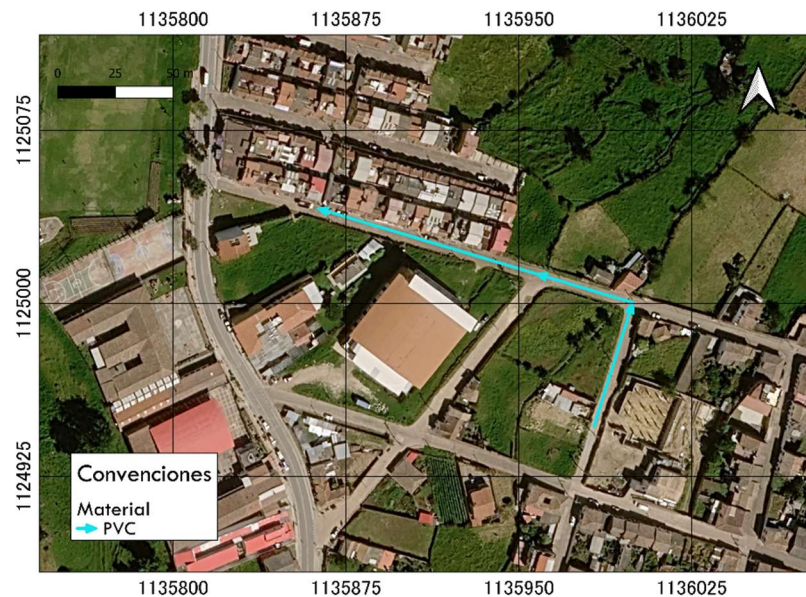


Figura 6. Material de los tramos de la red de alcantarillado
Fuente: Elaboración propia.

Para toda la red se tiene previsto que sea constituida por tramos de PVC.

Diámetro de la red

Para el sistema de alcantarillado propuesto la distribución de diámetros resulta tal como se muestran en la Figura 7.

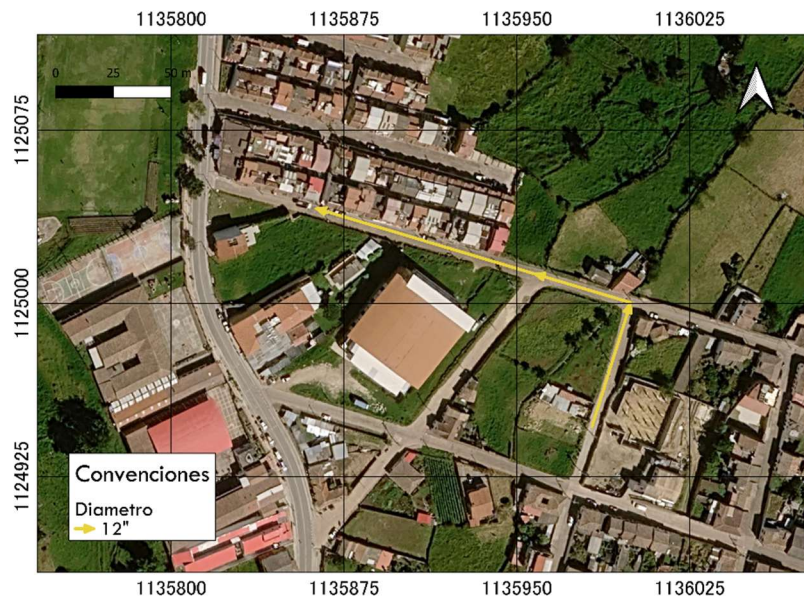


Figura 7. Diámetros en la red de alcantarillado

Fuente: Elaboración propia.

Se establece que el sistema de drenaje este compuesto por una serie de tuberías de 12"

5.4. Análisis del sistema

El siguiente capítulo tiene como objetivo establecer e identificar los parámetros exigidos por la normativa vigente, se evaluará la capacidad, velocidad, régimen de flujo y esfuerzo cortante.

Capacidad (y/d)

La capacidad hidráulica de los tramos deberá ser menor o igual a el 85%, a continuación, se presentarán los resultados obtenidos para el caudal mínimo de diseño de 1.5 L/s en cada tramo.

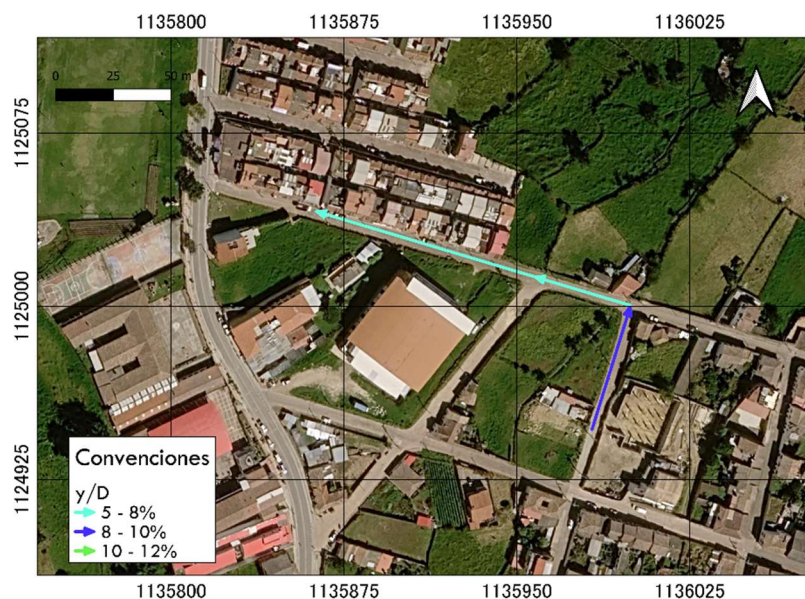


Figura 8. Capacidad (Y/D) diseño red de alcantarillado

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede evidenciar para el caudal de diseño ninguno de los tramos supera la capacidad hidráulica máxima establecida (85%), y no superan el valor de 12%.

Velocidad

Con respecto a la velocidad de los tramos se debe garantizar que esta no supere los 5 m/s según la resolución 0330, sin embargo, esta no establece un parámetro puntual que restrinja la velocidad mínima de los tramos, ya que esta establece que la velocidad mínima deberá ser aquella que garantice 1.0 Pa de fuerza tractiva en la tubería.

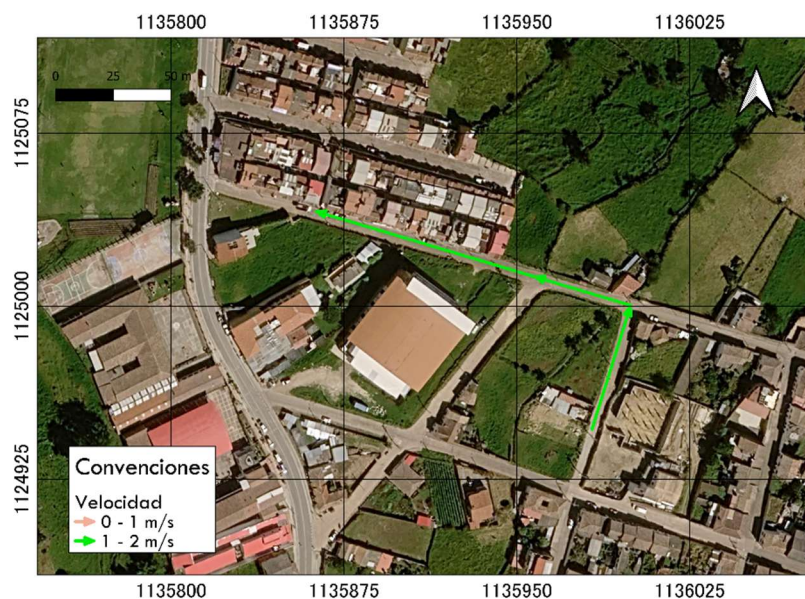


Figura 9. Velocidad diseño red de alcantarillado

Fuente: Elaboración propia

Las velocidades presentadas en el modelo de diseño cumplen con los requisitos.

Fuerza tractiva

Como criterio de autolimpieza se establece como parámetro de diseño para la fuerza tractiva que los tramos deberán poseer un valor igual o superior a 1 Pa y todos los tramos cumplen con esta condición.

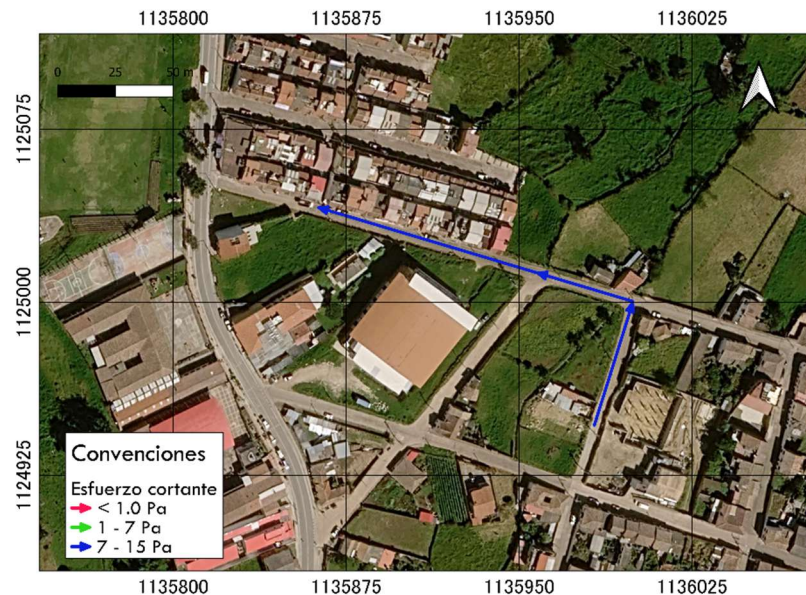


Figura 10.

Esfuerzo cortante en los tramos de alcantarillado

Fuente: Elaboración propia

Régimen de flujo

A continuación, se presentan los valores de régimen de flujo obtenidos para cada uno de los tramos de sistema de alcantarillado.

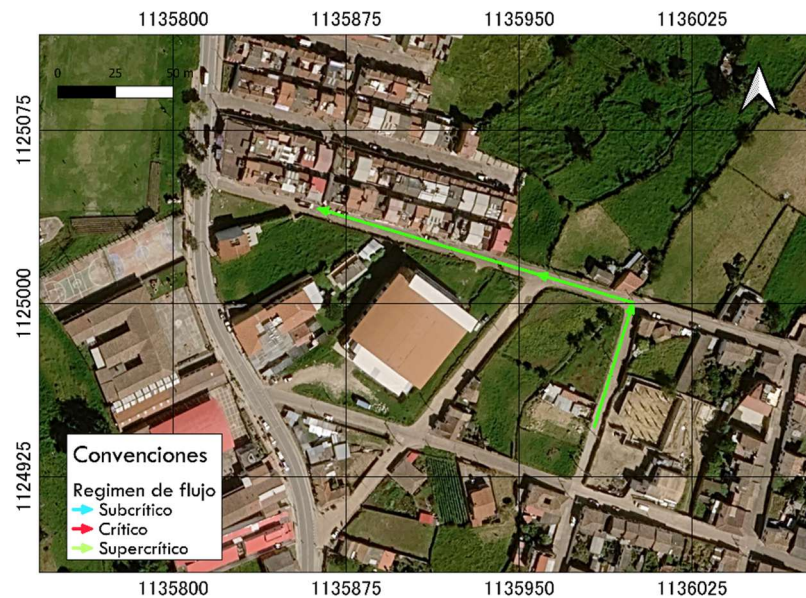


Figura 11.

Régimen de flujo red de alcantarillado

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa los tramos cuentan con un régimen de flujo Supercrítico.

6. Conclusiones y recomendaciones

Del análisis del trazado propuesto para el sistema de alcantarillado sanitario se identifican 2 tramos con pendientes superiores al 10 %, condición que debe ser considerada de manera particular durante el proceso constructivo de la red. Estas pendientes pueden generar velocidades elevadas del flujo al interior de la tubería, lo cual incrementa el riesgo de desgaste del material, posibles afectaciones en las uniones y arrastre de sedimentos, por lo que se hace necesario verificar que las velocidades se mantengan dentro de los rangos establecidos por la normativa técnica aplicable.

El proyecto contempla el uso de tuberías en PVC, material que ofrece condiciones adecuadas de durabilidad, resistencia a la corrosión y facilidad de instalación, características que favorecen la operación y mantenimiento del sistema a lo largo de su vida útil. Adicionalmente, el dimensionamiento hidráulico del sistema permite atender adecuadamente las condiciones actuales de servicio y garantizar el funcionamiento adecuado de la red dentro del área intervenida.

La intervención tiene como principal propósito mejorar las condiciones de saneamiento básico de los habitantes del sector del municipio de Monguí. La ejecución del proyecto permitirá implementar un sistema de recolección de aguas residuales adecuado, contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida de la población y a la protección de las condiciones ambientales del sector.

7. Bibliografía

Google Maps. (2023). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2016). *Resolución 1096 del 2000: Reglamento técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS - Título D: Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias*. Bogotá: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Resolución 0330 de 2017: Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS*. Bogotá: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.