3. DISEÑO HIDRÁULICO

Carrera 3 No 1 – 60 Barrio Floresta San Luis de Gaceno – Boyacá CEL 313 812 27 13
mail felipecolina@gmail.com

3. DISEÑO HIDRÁULICO

PROYECTO

PRESTAR SERVICIOS DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS, CONFORME A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, ORIENTADOS A LA OPTIMIZACIÓN, MEJORAMIENTO Y FORTALECIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO VEREDAL DEL CENTRO POBLADO DE SAN CARLOS DEL GUAVIO, DEL MUNICIPIO DE SAN LUIS DE GACENO, BOYACÁ

CONTRATO DE CONSULTORÍA No.
C-MSLG-MC-029-2026

LOCALIZACIÓN

Centro Poblado San Carlos del Guavio
Municipio de San Luis de Gaceno
Departamento de Boyacá

CONTRATISTA

ING. FELIPE ANDRÉS COLINA APONTE
Ingeniero Civil
Matrícula Profesional No. 25202-137320 CND

FECHA

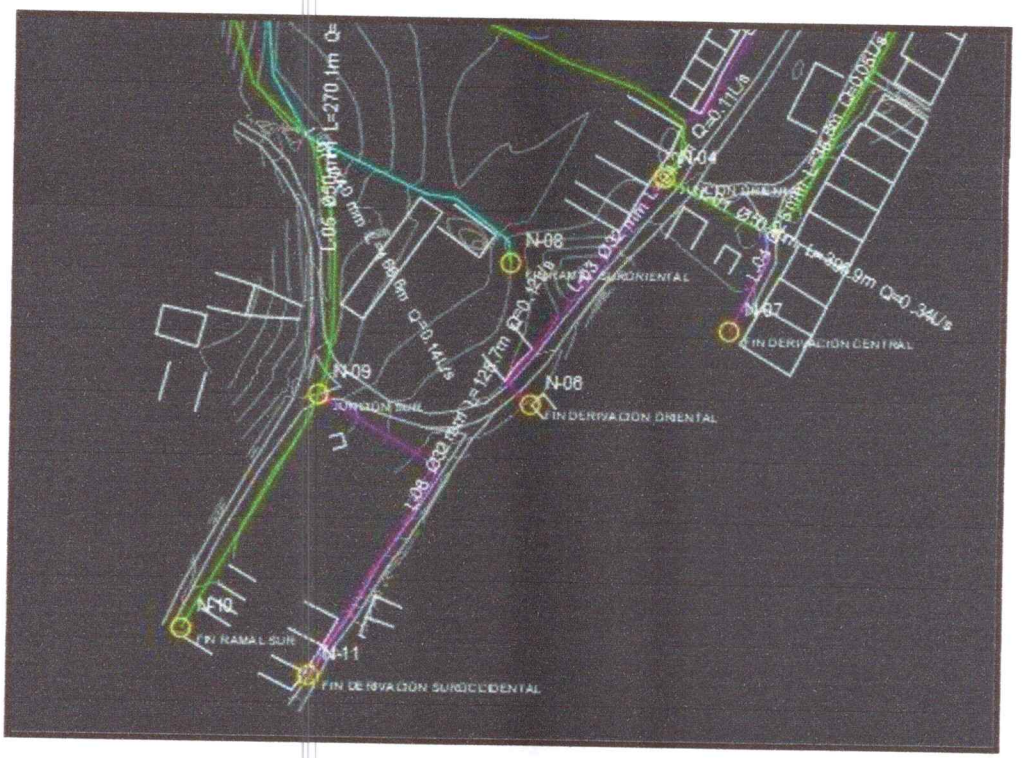
Mayo de 2026

Ingeniero Civil Felipe Andrés Colina Aponte

PROYECTO

PRESTAR SERVICIOS DE CONSULTORÍA, PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS, CONFORME A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, ORIENTADOS A LA OPTIMIZACIÓN, MEJORAMIENTO Y FORTALECIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO VEREDAL DEL CENTRO POBLADO DE SAN CARLOS DEL GUAVIO, DEL MUNICIPIO DE SAN LUIS DE GACENO BOYACÁ, EN CUMPLIMIENTO DE LAS METAS DEL PLAN DE DESARROLLO 2024 - 2027, CON EL DESARROLLO GANAMOS TODOS

CONTRATO No C-MSLG-MC-029-2026

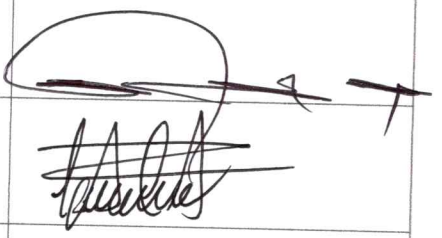


ELABORO
ING EDGAR TOMAS CABRERA OTALORA
INGENIERO CIVIL

MAYO DE 2026

Carrera 3 No 1 – 60 Barrio Floresta San Luis de Gaceno – Boyacá CEL 313 812 27 13
mail felipecolina@gmail.com

CUADRO DE FIRMAS

ELABORO	EDGAR TOMAS CABRERA OTALORA T.P No 25202-287656 CND	
PRESENTA	FELIPE ANDRES COLINA APONTE T.P No 25202-137320 CND	
SUPERVISOR	MAYRA ALEJANDRA LÓPEZ MAHECHA Secretaria de Planeación, infraestructura y medio ambiente	

Carrera 3 No 1 – 60 Barrio Floresta San Luis de Gaceno – Boyacá CEL 313 812 27 13
mail felipecolina@gmail.com

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 9
2. OBJETIVOS DEL DISEÑO HIDRÁULICO 11
2.1 Objetivo general 11
2.2 Objetivos específicos 11
3. ALCANCE DEL INFORME 11
4. INFORMACIÓN BASE DEL SISTEMA EXISTENTE 12
4.1 Fuente de abastecimiento 14
4.2 Captación o bocatoma existente 14
4.3 Línea de conducción existente 15
4.4 Tanque de almacenamiento existente 16
4.5 Red de distribución existente 16
4.6 Sistema de tratamiento existente 17
4.7 Operación y mantenimiento actual 17
4.8 Condiciones prediales y ambientales 17
4.9 Síntesis de condiciones actuales del sistema 18
4.10 Conclusión del capítulo 18
5. POBLACIÓN, USUARIOS Y DEMANDA DE AGUA POTABLE 19
5.1 Usuarios identificados en el sistema 19
5.2 Población residencial permanente 19
5.3 Población esporádica o de temporada 20
5.4 Población institucional 20
5.5 Usuarios comunitarios y comerciales 21
5.6 Población total de referencia 21
5.7 Proyección poblacional de diseño 22
5.8 Dotación y criterios de consumo 22
5.9 Cálculo de demanda media diaria 23
5.10 Caudal medio diario 23
5.11 Caudal máximo diario 24
5.12 Caudal máximo horario 25
5.13 Caudal de diseño adoptado 25
5.14 Distribución de demanda para el modelo hidráulico 26
5.15 Síntesis de demanda de diseño 26
5.17 Conclusión del capítulo 27
6. CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO HIDRÁULICO 27
6.1 Criterios generales de diseño 28
6.2 Horizonte de diseño 28
6.3 Población de diseño 29
6.4 Dotación adoptada 29
6.5 Caudales de diseño 30
6.6 Criterios para la fuente de abastecimiento 30
31

6.7 Criterios para la captación 31
6.8 Criterios para la conducción principal 32
6.9 Criterios para la planta de tratamiento de agua potable 32
6.10 Criterios para el tanque de almacenamiento 33
6.11 Criterios para la red de distribución 33
6.12 Criterios de presión 34
6.13 Criterios de velocidad 34
6.14 Criterios de pérdida de carga 35
6.15 Criterios de materiales 35
6.16 Criterios para accesorios hidráulicos 35
6.17 Parámetros adoptados para el modelo hidráulico 36
6.18 Conclusión del capítulo 37
7. VERIFICACIÓN DE OFERTA HÍDRICA DE LA FUENTE 37
7.1 Fuente de abastecimiento 37
7.2 Caudal aforado de la fuente 38
7.3 Conversión del caudal aforado a volumen diario 38
7.4 Demanda futura del sistema 39
7.5 Balance oferta-demanda 39
7.6 Comparación entre caudal disponible y caudal de diseño 40
7.7 Consideración de variabilidad estacional 40
7.8 Caudal ecológico y manejo de excedencias 41
7.9 Implicaciones para el diseño hidráulico 41
7.10 Síntesis del balance hídrico para diseño 42
7.12 Conclusión del capítulo 42
8. DESCRIPCIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO 43
8.1 Propósito del modelo hidráulico 43
8.2 Esquema general modelado 44
8.3 Información utilizada para la construcción del modelo 45
8.4 Tipo de modelo adoptado 45
8.5 Método de cálculo hidráulico 46
8.6 Parámetros hidráulicos adoptados en el modelo 46
8.7 Componentes representados en el modelo 47
8.8 Tramos modelados 48
8.9 Diámetros adoptados 48
8.10 Asignación de demandas en el modelo 49
8.11 Condiciones de frontera del modelo 49
8.12 Plano del modelo hidráulico 50
8.13 Sectorización hidráulica adoptada 50
8.14 Criterios de revisión del modelo 51
8.15 Síntesis del modelo hidráulico 51
8.16 Conclusión del capítulo 52
9. RESULTADOS HIDRÁULICOS DE LA CONDUCCIÓN PRINCIPAL 53
9.1 Descripción de la conducción modelada 53
9.2 Caudal de diseño de la conducción 54
9.3 Cálculo del área hidráulica de la tubería 54

9.4 Velocidad en la conducción principal 55
9.5 Pérdida de carga por fricción 56
9.6 Pendiente hidráulica de la conducción 56
9.7 Verificación de capacidad de la conducción 57
9.8 Comparación con la conducción existente 57
9.9 Accesorios requeridos en la conducción 58
9.10 Protección constructiva de la conducción 59
9.11 Resultado técnico de la conducción principal 59
9.12 Conclusión del capítulo 60
10. RESULTADOS HIDRÁULICOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN 60
10.1 Configuración general de la red modelada 61
10.2 Tramos de distribución evaluados 61
10.3 Distribución de demanda por sectores 62
10.4 Participación porcentual de la demanda 62
10.5 Caudales por tramo de distribución 63
10.6 Velocidades estimadas por tramo 63
10.7 Pérdidas de carga por tramo 64
10.8 Presiones estimadas en los nodos 65
10.9 Verificación de presiones 65
10.10 Análisis de puntos críticos 66
10.11 Verificación de diámetros adoptados 66
10.12 Balance hidráulico de la red de distribución 67
10.13 Síntesis de resultados hidráulicos de la red 67
10.14 Conclusión del capítulo 68
11. DISEÑO Y VERIFICACIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO 68
11.1 Función hidráulica del tanque 69
11.2 Condición del tanque existente 69
11.3 Volumen de almacenamiento requerido 70
11.4 Comparación entre volumen existente y volumen requerido 71
11.5 Volumen útil del tanque 71
11.6 Verificación frente a la demanda diaria 72
11.7 Tiempo de autonomía del tanque 72
11.8 Verificación frente al caudal de diseño 73
11.9 Relación con la planta de tratamiento 74
11.10 Criterios hidráulicos y sanitarios del tanque 75
11.11 Alternativas de intervención del tanque 75
11.12 Accesorios mínimos requeridos 76
11.13 Verificación hidráulica del tanque 76
11.14 Conclusión del capítulo 77
12. ELEMENTOS HIDRÁULICOS COMPLEMENTARIOS 78
12.1 Criterio general para la incorporación de accesorios 78
12.2 Válvulas de cierre y sectorización 79
12.3 Válvulas de purga 79
12.4 Ventosas 80
12.5 Anclajes hidráulicos 80

12.6 Protección en cruces de vía 81
12.7 Cámaras de válvulas 81
12.8 Macromedición 81
12.9 Protección sanitaria de captación y tanque 82
12.10 Ubicación conceptual de accesorios por tramo 82
12.11 Cuadro resumen de elementos complementarios 83
12.12 Consideraciones de operación y mantenimiento 83
12.13 Conclusión del capítulo 84
13. EVALUACIÓN DE OPERACIÓN DEL SISTEMA 85
13.1 Condición operativa actual 85
13.2 Esquema operativo propuesto 85
13.3 Operación de la captación 86
13.4 Operación de la conducción principal 87
13.5 Operación de la planta de tratamiento de agua potable 87
13.6 Operación del tanque de almacenamiento 88
13.7 Operación de la red de distribución 89
13.8 Control de presiones 89
13.9 Control de velocidades y lavado de red 90
13.10 Operación de válvulas, purgas y ventosas 90
13.11 Registro operativo del sistema 91
13.12 Responsable operativo del sistema 91
13.13 Sostenibilidad operativa y comunitaria 92
13.14 Plan básico de operación y mantenimiento 92
13.15 Conclusión del capítulo 93
14. CONCLUSIONES DEL DISEÑO HIDRÁULICO 94
14.1 Conclusiones generales 94
14.2 Conclusiones sobre usuarios y demanda 94
14.3 Conclusiones sobre la fuente abastecedora 95
14.4 Conclusiones sobre la captación 95
14.5 Conclusiones sobre la conducción principal 96
14.6 Conclusiones sobre la red de distribución 97
14.7 Conclusiones sobre la distribución de demanda 97
14.8 Conclusiones sobre el tanque de almacenamiento 98
14.9 Conclusiones sobre la PTAP 99
14.10 Conclusiones sobre accesorios hidráulicos 99
14.11 Conclusiones sobre operación y mantenimiento 100
14.12 Síntesis final del diseño hidráulico 100
14.13 Conclusión general 101
15. RECOMENDACIONES 101
15.1 Recomendaciones sobre la fuente abastecedora 102
15.2 Recomendaciones sobre la captación 102
15.3 Recomendaciones sobre la conducción principal 102
15.4 Recomendaciones sobre la planta de tratamiento de agua potable 103
15.5 Recomendaciones sobre el tanque de almacenamiento 104
15.6 Recomendaciones sobre la red de distribución 104
105

15.7 Recomendaciones sobre accesorios hidráulicos 106
15.8 Recomendaciones sobre operación y mantenimiento 106
15.9 Recomendaciones sobre control de calidad del agua 107
15.10 Recomendaciones ambientales 108
15.11 Recomendaciones prediales 108
15.12 Recomendaciones constructivas 109
15.13 Recomendaciones para seguimiento posterior 109
15.14 Recomendaciones sobre documentación final 110
15.15 Síntesis de recomendaciones prioritarias 110
15.16 Conclusión del capítulo 111

Carrera 3 No 1 – 60 Barrio Floresta San Luis de Gaceno – Boyacá CEL 313 812 27 13
mail felipecolina@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde al **Diseño Hidráulico del Sistema de Acueducto Veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio**, localizado en el municipio de San Luis de Gaceno, departamento de Boyacá, desarrollado en el marco del Contrato de Consultoría No. **C-MSLG-MC-029-2026**, cuyo objeto se orienta a la elaboración de los estudios y diseños para la optimización, mejoramiento y fortalecimiento de la infraestructura del sistema de acueducto veredal.

El diseño hidráulico se formula a partir de la información técnica recopilada en los estudios previos del proyecto, incluyendo el diagnóstico del sistema existente, el levantamiento y análisis de información de usuarios, el estudio hidrológico y meteorológico, el levantamiento topográfico y el modelo hidráulico elaborado con base en el plano del sistema. Esta información permite establecer una línea base técnica para evaluar el comportamiento hidráulico de los componentes de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución.

El sistema existente corresponde a un acueducto veredal que actualmente abastece a la comunidad del Centro Poblado de San Carlos del Guavio mediante una fuente superficial tipo caño o nacimiento, una estructura de captación, una conducción en tubería aproximada de 2 pulgadas, un tanque de almacenamiento y una red de distribución hacia los usuarios. Sin embargo, durante la etapa de diagnóstico se identificaron deficiencias relevantes asociadas a la captación artesanal, obstrucción frecuente de la bocatoma, conducción expuesta al paso de ganado, desacoples en la tubería, baja presión, baja continuidad, ausencia de planta de tratamiento de agua potable, filtraciones en el tanque existente y debilidades en la operación y mantenimiento del sistema.

De acuerdo con el levantamiento de usuarios, el sistema atiende un total de 46 usuarios o predios, de los cuales 33 corresponden a usuarios permanentes y 13 a usuarios esporádicos. Adicionalmente, dentro del área de influencia se identifican usuarios institucionales, comunitarios y comerciales, entre ellos el Colegio Sede Palmeritas, una iglesia y tres establecimientos comerciales de pequeña escala. Esta caracterización permite establecer la demanda actual y futura del sistema, así como los criterios necesarios para el dimensionamiento hidráulico de la infraestructura proyectada.

El modelo hidráulico desarrollado permite representar el funcionamiento del sistema bajo un esquema de operación por gravedad, considerando la captación, la conducción principal, la planta de tratamiento de agua potable, el tanque de almacenamiento y los ramales de distribución hacia los diferentes sectores de usuarios. A partir de este modelo se verifican las condiciones de presión, caudal, velocidad, pérdidas de carga, diámetros requeridos y funcionamiento general de la red.

El diseño hidráulico adopta como criterio principal un caudal de diseño de **1,00 L/s**, asociado a la capacidad proyectada de tratamiento y a la demanda futura del sistema. Este caudal permite garantizar la atención de la población beneficiaria, incluyendo usuarios permanentes, usuarios esporádicos, población institucional y usos complementarios, bajo condiciones adecuadas de continuidad, presión y eficiencia hidráulica.

El presente informe tiene como finalidad sustentar técnicamente las condiciones hidráulicas del sistema proyectado, definir los parámetros de diseño, presentar la modelación hidráulica, verificar los resultados obtenidos y establecer las recomendaciones necesarias para la optimización integral del acueducto. De esta manera, el diseño propuesto busca mejorar la confiabilidad del sistema, reducir las fallas operativas, garantizar una conducción protegida, asegurar almacenamiento suficiente, incorporar tratamiento de agua potable y mejorar la prestación efectiva del servicio a la comunidad beneficiaria.

En consecuencia, el diseño hidráulico constituye un componente fundamental dentro de la estructuración técnica del proyecto, ya que permite pasar del diagnóstico de las deficiencias existentes a la definición de una solución técnica viable, funcional, sostenible y acorde con las condiciones reales del territorio, la demanda de la población y los criterios normativos aplicables al sector de agua potable y saneamiento básico.

Carrera 3 No 1 – 60 Barrio Floresta San Luis de Gaceno – Boyacá CEL 313 812 27 13
mail felipecolina@gmail.com

2. OBJETIVOS DEL DISEÑO HIDRÁULICO

2.1 Objetivo general

Realizar el diseño hidráulico del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio, municipio de San Luis de Gaceno, Boyacá, mediante la evaluación y dimensionamiento de los componentes de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y red de distribución, con el fin de garantizar condiciones adecuadas de caudal, presión, continuidad, calidad operativa y eficiencia hidráulica para la población beneficiaria actual y futura.

2.2 Objetivos específicos

1. Establecer los parámetros hidráulicos de diseño del sistema de acueducto, considerando la población beneficiaria, el catastro de usuarios, la demanda futura, el caudal de diseño adoptado y las condiciones de operación requeridas para el sistema.
2. Verificar la suficiencia de la fuente abastecedora frente a la demanda proyectada, comparando el caudal disponible con los caudales requeridos para la operación del sistema de acueducto.
3. Definir el esquema hidráulico general del sistema, integrando los componentes de bocatoma, conducción, planta de tratamiento de agua potable, tanque de almacenamiento y red de distribución.
4. Desarrollar el modelo hidráulico del sistema con base en el levantamiento topográfico, el trazado de redes, la ubicación de usuarios y la sectorización de la demanda.
5. Determinar las longitudes, diámetros, materiales y condiciones hidráulicas de los tramos que conforman la conducción principal y la red de distribución.
6. Evaluar el comportamiento hidráulico de la red mediante la revisión de caudales, velocidades, pérdidas de carga y presiones disponibles en los nodos del sistema.
7. Verificar la capacidad hidráulica de la conducción principal para transportar el caudal de diseño desde la captación hasta el sistema de tratamiento y almacenamiento.
8. Evaluar la capacidad de almacenamiento requerida y su relación con el volumen del tanque proyectado, considerando las necesidades de regulación, continuidad y operación del sistema.
9. Identificar los puntos críticos de la red donde se requieran elementos de control hidráulico, tales como válvulas de cierre, válvulas de purga, ventosas, anclajes, cámaras de inspección o protección especial en cruces.
10. Formular recomendaciones técnicas para la optimización hidráulica del sistema, orientadas a mejorar la continuidad, presión, confiabilidad, operación y mantenimiento del servicio de acueducto.
11. Generar las tablas, gráficos, planos y memorias de cálculo necesarios para soportar técnicamente el diseño hidráulico y facilitar su revisión, interpretación y posterior implementación.

Carrera 3 No 1 – 60 Barrio Floresta San Luis de Gaceno – Boyacá CEL 313 812 27 13
mail felipecolina@gmail.com

3. ALCANCE DEL INFORME

El presente informe tiene como alcance desarrollar el diseño hidráulico del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio, municipio de San Luis de Gaceno, Boyacá, a partir de la información técnica disponible del proyecto, incluyendo el diagnóstico del sistema existente, el levantamiento y análisis de usuarios, el estudio hidrológico y meteorológico, el levantamiento topográfico, el plano del modelo hidráulico y las condiciones funcionales actuales del sistema.

El alcance comprende la evaluación hidráulica de los componentes principales del sistema de abastecimiento, desde la captación en la fuente superficial hasta la entrega del agua a los usuarios mediante la red de distribución. Para ello, se consideran los elementos de captación, conducción, planta de tratamiento de agua potable, tanque de almacenamiento, red de distribución, nodos de servicio, ramales principales, ramales secundarios y accesorios hidráulicos necesarios para la operación y mantenimiento del sistema.

El diseño hidráulico se desarrolla con base en un caudal de diseño de **1,00 L/s**, adoptado para la verificación de la conducción, la capacidad de tratamiento, el almacenamiento y la red de distribución. Dicho caudal permite evaluar el funcionamiento del sistema bajo condiciones de demanda proyectada, considerando la población permanente, los usuarios esporádicos, la población institucional y los usos complementarios identificados dentro del área de influencia del acueducto.

Dentro del alcance se incluye la descripción y análisis de la fuente de abastecimiento y la captación existente, con el fin de verificar su relación con la demanda del sistema y establecer la necesidad de implementar una estructura de captación técnicamente adecuada, con protección sanitaria, control de sólidos, facilidad de limpieza y capacidad suficiente para derivar el caudal requerido hacia el sistema.

Igualmente, se incluye el análisis de la línea de conducción, la cual debe garantizar el transporte del caudal de diseño desde la captación hasta la infraestructura de tratamiento y almacenamiento. Para este componente se revisan aspectos como longitud, diámetro, material, pérdidas de carga, condiciones de instalación, necesidad de enterramiento, protección en cruces, accesorios de control, válvulas de purga, ventosas y anclajes.

El informe también contempla la incorporación de una planta de tratamiento de agua potable con capacidad de **1,00 L/s**, como componente necesario para garantizar el mejoramiento sanitario del sistema. Su inclusión dentro del diseño hidráulico permite establecer las condiciones de entrada, salida, conexión con el tanque de almacenamiento y continuidad operativa del sistema.

En cuanto al almacenamiento, el informe evalúa el volumen requerido del tanque, adoptado en aproximadamente **21,56 m³**, y lo relaciona con el tanque existente, el cual presenta un volumen geométrico cercano a **21,40 m³**, pero se encuentra en regular estado y con filtraciones. Por tanto, el alcance incluye la verificación hidráulica del almacenamiento y la definición de recomendaciones orientadas a rehabilitación, impermeabilización, adecuación sanitaria o construcción de una nueva estructura, según la evaluación técnica integral.

Para la red de distribución, el alcance comprende la modelación hidráulica del sistema mediante la definición de nodos, tramos, diámetros, materiales, longitudes, demandas asignadas y condiciones de operación por gravedad. El modelo permite evaluar presiones, velocidades, caudales y pérdidas de carga en la red, con el fin de verificar la capacidad hidráulica del sistema para atender a los usuarios identificados y mejorar las condiciones de presión y continuidad.

Adicionalmente, el informe incluye la definición conceptual de los accesorios hidráulicos requeridos para la operación del sistema, tales como válvulas de cierre, válvulas de purga, ventosas, cámaras de inspección, anclajes, protección en cruces viales, elementos de control y dispositivos necesarios para facilitar las labores de operación y mantenimiento.

El diseño hidráulico no se limita únicamente al cálculo de tuberías, sino que busca integrar la solución funcional del sistema de acueducto, considerando las deficiencias identificadas en campo, la demanda de la población, las condiciones topográficas, la oferta hídrica, la necesidad de tratamiento, el almacenamiento requerido, la distribución hacia usuarios y la sostenibilidad operativa del sistema.

En consecuencia, el presente informe constituye el soporte técnico para la definición de las obras hidráulicas requeridas dentro del proyecto de optimización, mejoramiento y fortalecimiento del acueducto veredal, permitiendo establecer criterios de diseño, resultados de modelación, cuadros técnicos, gráficos explicativos, planos, recomendaciones y conclusiones necesarias para su revisión y posterior implementación.

Componente	Alcance dentro del diseño hidráulico	Producto esperado
Fuente de abastecimiento	Verificación de disponibilidad frente a la demanda	Balance oferta-demanda
Bocatoma	Evaluación de captación y necesidad de optimización	Criterios de captación
Conducción	Verificación de diámetro, longitud, pérdidas y accesorios	Tabla de conducción
PTAP	Incorporación hidráulica de planta de 1,00 L/s	Esquema de conexión
Tanque	Verificación de volumen requerido y volumen existente	Comparativo de almacenamiento
Red de distribución	Modelación de nodos, tramos, presiones y velocidades	Plano y resultados hidráulicos
Accesorios	Definición de válvulas, purgas, ventosas y anclajes	Plano de accesorios
Operación	Recomendaciones de control y mantenimiento	Rutina operativa básica

4. INFORMACIÓN BASE DEL SISTEMA EXISTENTE

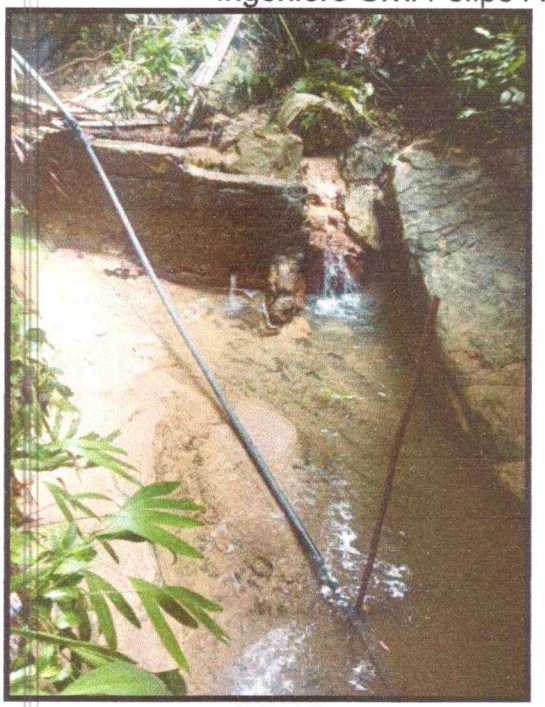
El sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio, municipio de San Luis de Gaceno, Boyacá, corresponde a un sistema comunitario de abastecimiento de agua que actualmente presta servicio a la población localizada dentro del área de influencia del centro poblado. El sistema opera mediante captación en una fuente superficial tipo caño o nacimiento natural, conducción hacia un tanque de almacenamiento y distribución posterior hacia los usuarios conectados.

La información base para el presente diseño hidráulico se toma del diagnóstico del sistema existente, el levantamiento y análisis de usuarios, el estudio hidrológico y meteorológico, el levantamiento topográfico y el plano del modelo hidráulico. Estos insumos permiten identificar las condiciones actuales de la infraestructura, las deficiencias funcionales del sistema, la población beneficiaria y los criterios técnicos necesarios para formular el diseño hidráulico de optimización.

4.1 Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento corresponde a un caño o nacimiento natural localizado aproximadamente 12 metros aguas arriba de la bocatoma existente, en un sector de características rocosas. Esta fuente superficial ha permitido el abastecimiento histórico de la comunidad; sin embargo, por tratarse de una fuente de pequeña escala, debe considerarse su variabilidad estacional, la necesidad de protección sanitaria y la importancia de verificar su comportamiento en época seca.

El estudio hidrológico realizado para el proyecto estableció una oferta hídrica suficiente frente al caudal requerido para el sistema, adoptándose un caudal de diseño de **1,00 L/s** para efectos de la conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución. No obstante, se mantiene como recomendación técnica realizar seguimiento y aforo en época de verano, con el fin de confirmar la disponibilidad mínima de la fuente bajo condiciones críticas.



FUENTE DE ABASTECIMIENTO

4.2 Captación o bocatoma existente

La bocatoma existente se localiza aproximadamente en las coordenadas geográficas:

Elemento Coordenada aproximada
Latitud 4°45'14" N
Longitud 73°04'10.5" W

La estructura de captación está conformada por un muro de aproximadamente **2,50 m de longitud**, **3,00 m de altura** y **0,20 m de espesor**. En la parte central del muro se identifica una salida o desagüe ubicado aproximadamente a **2,00 m** de altura.

Durante el diagnóstico se evidenció que la captación funciona de manera artesanal, mediante una tubería protegida con material plástico reciclado para evitar la obstrucción del ingreso de agua. Esta condición no constituye una solución técnica adecuada, debido a que no garantiza protección sanitaria, control de sólidos, cribado, desarenación ni facilidad de mantenimiento.

La bocatoma presenta obstrucciones frecuentes por presencia de hojas, material vegetal y sedimentos, lo cual afecta directamente la continuidad del servicio. Por tanto, dentro del diseño hidráulico se considera necesario optimizar este componente mediante una captación técnicamente adecuada, con rejilla, protección sanitaria, cámara de derivación, control de excedencias y facilidad de limpieza.

4.3 Línea de conducción existente

Desde la bocatoma sale una tubería aproximada de **2 pulgadas**, la cual inicialmente se desarrolla sobre el cauce del caño y posteriormente continúa hacia una zona de potrero. Se identificó que una parte importante de esta conducción se encuentra superficial, sin enterramiento ni protección mecánica adecuada.

La condición superficial de la tubería genera vulnerabilidad frente al paso de ganado, movimientos, aplastamientos, desacoples, fugas y posibles interrupciones del servicio. Además, la conducción atraviesa una vía antes de conectarse con el tanque de distribución, situación que requiere protección especial mediante obras de cruce, profundidad adecuada, anclajes y accesorios de control.

Desde el punto de vista hidráulico, la conducción existente constituye uno de los componentes críticos del sistema, ya que cualquier desacople, fuga u obstrucción afecta la llegada de agua al almacenamiento y, por consiguiente, la continuidad del servicio a los usuarios. Por esta razón, el diseño hidráulico plantea la conducción como una línea enterrada, protegida, con diámetro suficiente para transportar el caudal de diseño y con accesorios de operación y mantenimiento.

4.4 Tanque de almacenamiento existente

El sistema cuenta con un tanque de almacenamiento y distribución que recibe el agua proveniente de la captación y permite su entrega hacia la red de usuarios. De acuerdo con la información levantada, el tanque existente presenta las siguientes dimensiones aproximadas:

Parámetro	Valor
Largo	3,44 m
Ancho	2,44 m
Altura	2,55 m
Espesor de muro	0,18 m
Volumen geométrico aproximado	21,40 m^3

Aunque el volumen geométrico del tanque es cercano al volumen de almacenamiento requerido para el sistema, se evidenció que la estructura se encuentra en regular estado de conservación y presenta filtraciones. Esta condición compromete su volumen útil, su eficiencia hidráulica, su durabilidad estructural y sus condiciones sanitarias.

Para efectos del diseño hidráulico, se adopta un volumen de almacenamiento de referencia de aproximadamente **21,56 m^3**, el cual debe garantizar regulación, continuidad del servicio y operación del sistema. Sin embargo, debido al estado actual del tanque, se recomienda evaluar técnica,

estructural e hidráulicamente si procede su rehabilitación mediante impermeabilización y adecuación sanitaria, o si resulta conveniente proyectar una nueva estructura de almacenamiento.

4.5 Red de distribución existente

La red de distribución abastece actualmente a los usuarios del Centro Poblado de San Carlos del Guavio. De acuerdo con el levantamiento de usuarios, se identificaron **46 usuarios o predios conectados**, de los cuales **33 corresponden a usuarios permanentes** y **13 a usuarios esporádicos**. Adicionalmente, el sistema atiende el Colegio Sede Palmeritas, una iglesia y tres establecimientos comerciales de pequeña escala.

Aunque el sistema presenta cobertura física sobre los usuarios identificados, la prestación efectiva del servicio se encuentra limitada por problemas de baja presión, baja continuidad y ausencia de tratamiento del agua. La existencia de conexiones no garantiza una operación hidráulicamente eficiente, razón por la cual la red debe ser evaluada mediante modelación hidráulica para determinar presiones, caudales, velocidades, pérdidas de carga y necesidad de ajustes en diámetros o accesorios.

La red existente no cuenta con catastro técnico completo de diámetros, materiales, longitudes, accesorios, válvulas, purgas, ventosas o sectores hidráulicos. Por tanto, el modelo hidráulico elaborado permite organizar técnicamente el sistema mediante la definición de nodos, tramos, ramales principales, derivaciones, demandas asignadas y condiciones de operación por gravedad.

4.6 Sistema de tratamiento existente

Actualmente el sistema no cuenta con planta de tratamiento de agua potable. El agua captada es conducida hacia el tanque y distribuida a los usuarios sin procesos técnicos de potabilización, filtración ni desinfección controlada.

Esta condición representa una deficiencia sanitaria crítica, especialmente considerando que el sistema abastece población residencial y población institucional asociada al Colegio Sede Palmeritas. Por esta razón, dentro del diseño hidráulico se contempla la incorporación de una planta de tratamiento de agua potable con capacidad de **1,00 L/s**, articulada hidráulicamente con la conducción y el tanque de almacenamiento.

La incorporación de la PTAP permite mejorar la calidad del agua suministrada, reducir el riesgo sanitario y garantizar que el sistema optimizado no solo mejore la presión y continuidad, sino también las condiciones de potabilidad del agua entregada a la comunidad.

4.7 Operación y mantenimiento actual

La operación del sistema es realizada por la comunidad de manera informal, mediante una figura de apoyo comunitario en la cual los usuarios aportan jornales para atender daños, revisar la conducción o reparar fallas. No existe un operador formal permanente, facturación organizada, registro

sistemático de mantenimiento, control de caudales, seguimiento de presiones ni monitoreo periódico de calidad del agua.

Este esquema ha permitido mantener el funcionamiento básico del sistema, pero no garantiza una operación preventiva, técnica ni sostenible. Desde el diseño hidráulico se recomienda fortalecer la operación mediante la definición de un responsable operativo, rutinas de limpieza, lavado de tanque, control de fugas, revisión de válvulas, mantenimiento de purgas y ventosas, y registro periódico de las condiciones hidráulicas del sistema.

4.8 Condiciones prediales y ambientales

Durante el diagnóstico se identificó que la red atraviesa al menos dos predios privados, por lo cual se requiere gestionar permisos de paso, autorizaciones o servidumbres que permitan garantizar la operación, mantenimiento, reposición y futura intervención de la infraestructura.

Adicionalmente, no se evidenció soporte documental suficiente relacionado con permisos ambientales o concesión de aguas para la captación existente. Por tanto, se recomienda verificar ante la autoridad ambiental competente la situación legal de la fuente y adelantar las gestiones necesarias para formalizar el aprovechamiento del recurso hídrico, en caso de ser requerido.

4.9 Síntesis de condiciones actuales del sistema

A continuación, se presenta una síntesis de las principales condiciones identificadas en el sistema existente y su incidencia sobre el diseño hidráulico:

Componente	Condición actual	Incidencia hidráulica	Criterio de diseño
Fuente	Caño o nacimiento natural	Requiere verificación de oferta en época seca	Adoptar caudal de diseño de 1,00 L/s y seguimiento estacional
Bocatoma	Captación artesanal vulnerable	Obstrucciones y baja continuidad	Optimizar captación con protección y control de sólidos
Conducción	Tubería aproximada de 2" expuesta	Fugas, desacoples y pérdidas	Proyectar conducción enterrada y protegida
Tanque	Volumen cercano a 21,40 m³, con filtraciones	Pérdida de volumen útil y riesgo sanitario	Verificar rehabilitación o nuevo tanque de 21,56 m³
Red de distribución	Cobertura física completa	Baja presión y baja continuidad	Modelar red por nodos y tramos
Tratamiento	No existe PTAP	Riesgo sanitario	Incorporar PTAP de 1,00 L/s
Operación	Comunitaria e informal	Mantenimiento reactivo	Definir operación preventiva

Componente	Condición actual	Incidencia hidráulica	Criterio de diseño
Predial	Red pasa por predios privados	Riesgo para intervención y mantenimiento	Gestionar permisos de paso
Ambiental	Sin soporte documental suficiente	Riesgo de viabilidad ambiental	Verificar concesión de aguas

4.10 Conclusión del capítulo

La información base del sistema existente evidencia que el acueducto veredal cuenta con infraestructura básica de captación, conducción, almacenamiento y distribución; sin embargo, presenta deficiencias técnicas, hidráulicas, sanitarias, operativas, prediales y ambientales que limitan la prestación efectiva del servicio.

Las principales necesidades de intervención se relacionan con la optimización de la captación, protección de la conducción, implementación de tratamiento de agua potable, rehabilitación o reposición del tanque, modelación y ajuste de la red de distribución, instalación de accesorios hidráulicos y fortalecimiento de la operación comunitaria.

En consecuencia, el diseño hidráulico se orienta a transformar un sistema funcional pero vulnerable en una infraestructura técnicamente confiable, con capacidad suficiente para atender la demanda actual y futura, mejorar las condiciones de presión y continuidad, garantizar tratamiento del agua y facilitar la operación y mantenimiento del servicio.

5. POBLACIÓN, USUARIOS Y DEMANDA DE AGUA POTABLE

El análisis de población, usuarios y demanda de agua potable constituye uno de los componentes fundamentales del diseño hidráulico del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio, debido a que permite establecer los caudales requeridos para el dimensionamiento de la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y red de distribución.

Para el presente diseño hidráulico se toma como base la información del levantamiento y análisis de usuarios, el diagnóstico del sistema existente y los criterios de demanda adoptados para sistemas rurales de abastecimiento de agua potable. La estimación de la demanda se realiza considerando los usuarios permanentes, usuarios esporádicos, población institucional, usos comunitarios y pequeños usos comerciales identificados dentro del área de influencia del sistema.

5.1 Usuarios identificados en el sistema

De acuerdo con el levantamiento de usuarios realizado en campo, el sistema de acueducto veredal atiende actualmente un total de **46 usuarios o predios conectados**, los cuales se clasifican en usuarios permanentes y usuarios esporádicos. Adicionalmente, dentro del área de influencia se identifican usuarios institucionales, comunitarios y comerciales de pequeña escala.

La clasificación general de usuarios se presenta en la siguiente tabla:

Tipo de usuario	Cantidad	Descripción
Usuarios permanentes	33	Viviendas o predios con ocupación habitual durante la mayor parte del año
Usuarios esporádicos	13	Viviendas o predios ocupados en temporadas, fines de semana o periodos específicos
Colegio Sede Palmeritas	1	Usuario institucional con población escolar y administrativa
Iglesia	1	Usuario comunitario de uso eventual
Tiendas o comercios menores	3	Establecimientos comerciales de pequeña escala
Total de usuarios o predios identificados	46	Base del catastro de usuarios del sistema

La información anterior permite establecer que el sistema cuenta con una base de usuarios predominantemente residencial, pero con presencia de usos complementarios que deben ser considerados dentro del análisis de demanda y operación hidráulica.

5.2 Población residencial permanente

Para la estimación de la población residencial permanente se adopta una ocupación promedio de **4 habitantes por vivienda**, criterio coherente con el levantamiento realizado para el centro poblado.

Concepto	Valor
Usuarios permanentes	33 viviendas
Ocupación promedio adoptada	4 hab/vivienda
Población residencial permanente	132 habitantes

De acuerdo con lo anterior, la población residencial permanente del sistema se estima en **132 habitantes**. Esta población representa la demanda base continua del sistema, debido a que corresponde a los usuarios que habitan de manera habitual en el área de influencia del acueducto.

5.3 Población esporádica o de temporada

Durante el levantamiento se identificaron **13 usuarios esporádicos**, correspondientes a viviendas o predios que no permanecen ocupados durante todo el año, pero que pueden generar demanda en temporadas de vacaciones, fines de semana o visitas ocasionales.

Para efectos de diseño hidráulico, estos usuarios se consideran bajo un escenario de ocupación máxima temporal, adoptando igualmente **4 habitantes por vivienda**.

Concepto	Valor
Usuarios esporádicos	13 viviendas
Ocupación promedio adoptada	4 hab/vivienda
Población esporádica máxima	52 habitantes

La población esporádica máxima se estima en **52 habitantes**. Aunque esta población no representa una demanda constante durante todo el año, debe ser incluida en el diseño para evitar subdimensionamiento en periodos de máxima ocupación.

5.4 Población institucional

Dentro del área de influencia del sistema se encuentra el **Colegio Sede Palmeritas**, el cual constituye un usuario institucional relevante para el diseño hidráulico, especialmente por tratarse de población escolar.

Componente	Cantidad
Niños	32
Personal administrativo	4
Población institucional total	36 personas

La población institucional asociada al colegio corresponde a **36 personas**. Este usuario debe considerarse de manera específica dentro del análisis de demanda, debido a que requiere condiciones adecuadas de calidad, continuidad y disponibilidad de agua durante la jornada escolar.

5.5 Usuarios comunitarios y comerciales

Además de los usuarios residenciales e institucionales, se identificó una iglesia y tres establecimientos comerciales de pequeña escala. Estos usuarios generan demandas complementarias, que aunque no representan el mayor consumo del sistema, deben incluirse dentro del análisis general por hacer parte de la infraestructura abastecida.

Tipo de usuario	Cantidad	Condición de consumo
Iglesia	1	Uso comunitario eventual
Tiendas o comercios menores	3	Uso comercial de pequeña escala

Tipo de usuario	Cantidad	Condición de consumo
Total usos complementarios	4	Demanda complementaria no residencial

Para efectos del diseño hidráulico, estos consumos se consideran incluidos dentro del escenario de demanda máxima, mediante el caudal de diseño adoptado para el sistema.

5.6 Población total de referencia

La población total de referencia se obtiene sumando la población residencial permanente, la población esporádica máxima y la población institucional.

Componente	Población estimada
Población residencial permanente	132 habitantes
Población esporádica máxima	52 habitantes
Población institucional	36 personas
Población total de referencia	220 personas

De acuerdo con lo anterior, la población total de referencia para el diseño hidráulico corresponde a **220 personas**. Esta población permite evaluar el sistema bajo un escenario de máxima exigencia, incluyendo usuarios permanentes, usuarios de temporada y población institucional.

5.7 Proyección poblacional de diseño

Para el diseño hidráulico se considera un horizonte de diseño de **25 años**, comprendido entre el año base **2026** y el año horizonte **2051**. Con base en los análisis de población desarrollados para el proyecto, se adopta una población futura residencial de referencia de **236 habitantes**, valor utilizado para la estimación de la demanda futura del sistema.

Parámetro	Valor adoptado
Año base	2026
Año horizonte	2051
Periodo de diseño	25 años
Población de referencia actual	220 personas
Población futura residencial adoptada	236 habitantes

La adopción de una población futura permite garantizar que el sistema proyectado no responda únicamente a la condición actual, sino también a las necesidades de crecimiento y ocupación futura del área de influencia.

5.8 Dotación y criterios de consumo

Para la estimación de la demanda de agua potable se adopta una dotación acorde con las condiciones rurales del sistema, considerando uso doméstico, población institucional, consumos complementarios y pérdidas técnicas propias de la operación de sistemas pequeños.

Parámetro	Valor adoptado
Dotación neta adoptada	130 L/hab-día
Factor por pérdidas y consumos no contabilizados	25 %
Dotación bruta estimada	162,5 L/hab-día
Población futura adoptada	236 habitantes
Demanda futura diaria	40,26 m³/día

La dotación bruta considera el consumo directo de los usuarios y un margen asociado a pérdidas, fugas menores, consumos no medidos, lavado de estructuras y condiciones propias de operación del sistema.

5.9 Cálculo de demanda media diaria

La demanda media diaria corresponde al volumen promedio de agua requerido por la población futura del sistema en un día de operación normal.

La demanda se calcula mediante la siguiente expresión:

[
D = \frac{P \times d}{1000}
]

Donde:

Variable	Descripción	Valor
D	Demanda diaria	m³/día
P	Población futura adoptada	236 habitantes
d	Dotación bruta	162,5 L/hab-día

Aplicando la expresión:

$$D = \frac{236 \times 162,5}{1000}$$

$$D = 38,35 \text{ m³/día}$$

No obstante, para efectos del diseño hidráulico del presente proyecto se adopta la demanda futura consolidada de **40,26 m³/día**, valor que incorpora los usuarios permanentes, esporádicos, población institucional y consumos complementarios del sistema.

5.10 Caudal medio diario

El caudal medio diario se obtiene dividiendo la demanda diaria entre el número de segundos del día.

$$Q_{md} = \frac{D}{86400}$$

Donde:

Variable	Descripción	Valor
Qmd	Caudal medio diario	L/s
D	Demanda futura diaria	40,26 m³/día
86400	Segundos por día	s/día

Convirtiendo la demanda diaria a litros:

$$40,26 \text{ m³/día} = 40.260 \text{ L/día}$$

$$Q_{md} = \frac{40.260}{86.400}$$

$$Q_{md} = 0,466 \text{ L/s}$$

Por tanto, el caudal medio diario del sistema corresponde a aproximadamente **0,466 L/s**.

5.11 Caudal máximo diario

Para el caudal máximo diario se adopta un coeficiente de mayoración diaria, con el fin de considerar variaciones de consumo durante días de mayor demanda.

[
Q_{MD} = Q_{md} \times K_1
]

Parámetro	Valor
Caudal medio diario, Qmd	0,466 L/s
Coeficiente máximo diario, K1	1,30
Caudal máximo diario, QMD	0,606 L/s

[
Q_{MD} = 0,466 \times 1,30 = 0,606 \text{ L/s}
]

El caudal máximo diario corresponde a aproximadamente **0,606 L/s**.

5.12 Caudal máximo horario

El caudal máximo horario se calcula a partir del caudal máximo diario, aplicando un coeficiente de variación horaria.

[
Q_{MH} = Q_{MD} \times K_2
]

Parámetro	Valor
Caudal máximo diario, QMD	0,606 L/s
Coeficiente máximo horario, K2	1,60
Caudal máximo horario, QMH	0,970 L/s

[
Q_{MH} = 0,606 \times 1,60 = 0,970 \text{ L/s}
]

El caudal máximo horario corresponde a aproximadamente **0,970 L/s**.

5.13 Caudal de diseño adoptado

Considerando los resultados obtenidos, se adopta un caudal de diseño hidráulico de **1,00 L/s**, valor que permite redondear técnicamente el caudal máximo horario y facilitar la verificación de los componentes del sistema.

Concepto	Valor
Demanda futura diaria	40,26 m³/día
Caudal medio diario, Qmd	0,466 L/s
Caudal máximo diario, QMD	0,606 L/s
Caudal máximo horario, QMH	0,970 L/s
Caudal de diseño adoptado	1,00 L/s

El caudal de diseño adoptado se utiliza para verificar la capacidad de la captación, conducción principal, planta de tratamiento, almacenamiento y red de distribución.

5.14 Distribución de demanda para el modelo hidráulico

Para la modelación hidráulica, la demanda se distribuye entre los sectores abastecidos por la red, considerando la ubicación de los usuarios, los ramales principales y las derivaciones identificadas en el plano del modelo hidráulico.

Nodo o sector	Demanda asignada	Observación
N-05 - Oriente alto	0,18 L/s	Usuarios del ramal nororiental
N-06 - Oriente bajo	0,11 L/s	Derivación oriental
N-07 - Centro oriente	0,05 L/s	Derivación central
N-08 - Suroriente	0,14 L/s	Ramal suroriental
N-10 - Sur	0,24 L/s	Ramal principal sur
N-11 - Suroccidente	0,12 L/s	Derivación suroccidental
N-12 - Nororiente	0,16 L/s	Derivación nororiental
Total demanda distribuida	1,00 L/s	Caudal de diseño del sistema

Esta asignación permite representar el consumo por sectores dentro del modelo hidráulico, verificando caudales, velocidades, presiones y pérdidas en cada tramo de la red.

5.15 Síntesis de demanda de diseño

A continuación, se presenta la síntesis general de población y demanda adoptada para el diseño hidráulico:

Parámetro	Valor adoptado
Usuarios totales identificados	46
Usuarios permanentes	33
Usuarios esporádicos	13
Población permanente	132 habitantes
Población esporádica máxima	52 habitantes
Población institucional	36 personas
Población total de referencia	220 personas
Población futura adoptada	236 habitantes
Demanda futura diaria	40,26 m³/día
Caudal medio diario	0,466 L/s
Caudal máximo diario	0,606 L/s
Caudal máximo horario	0,970 L/s
Caudal de diseño adoptado	1,00 L/s

5.17 Conclusión del capítulo

El análisis de usuarios y población permite establecer que el sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio atiende actualmente una comunidad compuesta por usuarios permanentes, usuarios esporádicos, población institucional, usuarios comunitarios y pequeños usos comerciales.

Con base en el levantamiento realizado, se identificaron **46 usuarios o predios**, de los cuales **33 son permanentes** y **13 esporádicos**. La población permanente se estima en **132 habitantes**, la población esporádica máxima en **52 habitantes** y la población institucional en **36 personas**, obteniéndose una población total de referencia de **220 personas**.

Para efectos del diseño hidráulico se adopta una demanda futura de **40,26 m³/día**, un caudal medio diario de **0,466 L/s**, un caudal máximo diario de **0,606 L/s** y un caudal máximo horario de **0,970 L/s**. En consecuencia, se adopta un caudal de diseño de **1,00 L/s**, el cual será utilizado para la

verificación hidráulica de la captación, conducción, planta de tratamiento, tanque de almacenamiento y red de distribución.

La adopción de este caudal permite garantizar una capacidad suficiente para atender la demanda actual y futura del sistema, incorporando un margen técnico adecuado para las condiciones rurales, los usuarios esporádicos, la población institucional y los consumos complementarios identificados en el área de influencia.

6. CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO HIDRÁULICO

El diseño hidráulico del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio se desarrolla con base en criterios técnicos orientados a garantizar el abastecimiento continuo, suficiente y seguro de agua para la población beneficiaria actual y futura. Para ello se adoptan parámetros de diseño relacionados con población, demanda, caudal, almacenamiento, materiales, pérdidas de carga, presiones, velocidades y operación del sistema.

Los criterios establecidos en este capítulo permiten sustentar el dimensionamiento de los componentes hidráulicos principales, incluyendo la captación, conducción, planta de tratamiento de agua potable, tanque de almacenamiento, red de distribución y accesorios de control hidráulico.

6.1 Criterios generales de diseño

El sistema se diseña como un acueducto veredal de pequeña escala, con operación por gravedad, considerando una fuente superficial tipo caño o nacimiento, una conducción principal, una planta de tratamiento de agua potable, un tanque de almacenamiento y una red de distribución hacia los usuarios del centro poblado.

Los criterios generales adoptados son los siguientes:

Criterio	Descripción
Tipo de sistema	Acueducto veredal rural
Forma de operación	Sistema por gravedad
Fuente de abastecimiento	Caño o nacimiento superficial
Captación	Bocatoma optimizada con protección y control de sólidos
Tratamiento	PTAP de 1,00 L/s
Almacenamiento	Tanque de aproximadamente 21,56 m³
Distribución	Red por ramales principales y secundarios
Método de cálculo	Hazen-Williams

Criterio	Descripción
hidráulico	
Material propuesto	PEAD o PVC presión
Esquema de servicio	Abastecimiento a usuarios residenciales, institucionales, comunitarios y comerciales menores

6.2 Horizonte de diseño

Para el diseño hidráulico se adopta un horizonte de diseño de **25 años**, considerado adecuado para sistemas rurales de acueducto, teniendo en cuenta la vida útil esperada de las tuberías, accesorios, estructuras hidráulicas y componentes principales del sistema.

Parámetro	Valor adoptado
Año base del diseño	2026
Año horizonte	2051
Periodo de diseño	25 años

Este horizonte permite proyectar las obras con capacidad suficiente para atender no solo la demanda actual, sino también la demanda futura de la población beneficiaria.

6.3 Población de diseño

De acuerdo con el análisis de usuarios y población beneficiaria, se consideran los usuarios permanentes, usuarios esporádicos, población institucional y usos complementarios identificados dentro del área de influencia.

Concepto	Valor
Usuarios totales identificados	46
Usuarios permanentes	33
Usuarios esporádicos	13
Población permanente estimada	132 habitantes
Población esporádica máxima	52 habitantes
Población institucional	36 personas
Población total de referencia	220 personas

Concepto	Valor
Población futura adoptada	236 habitantes

Para efectos del diseño hidráulico, se adopta una población futura de **236 habitantes**, con el fin de garantizar que el sistema tenga capacidad suficiente durante el periodo de diseño.

6.4 Dotación adoptada

Para la estimación de la demanda se adopta una dotación compatible con las condiciones rurales del sistema, considerando usos domésticos, institucionales, comunitarios y comerciales menores, así como pérdidas técnicas y consumos no contabilizados.

Parámetro	Valor adoptado
Dotación neta	130 L/hab-día
Factor por pérdidas y consumos no contabilizados	25 %
Dotación bruta adoptada	162,5 L/hab-día

La dotación bruta incorpora un margen asociado a pérdidas menores, fugas operativas, lavado de estructuras, consumos no medidos y condiciones propias de operación de sistemas rurales.

6.5 Caudales de diseño

Con base en la demanda futura diaria adoptada de **40,26 m³/día**, se establecen los caudales de diseño del sistema.

Parámetro	Valor
Demanda futura diaria	40,26 m³/día
Caudal medio diario, Qmd	0,466 L/s
Coeficiente máximo diario, K1	1,30
Caudal máximo diario, QMD	0,606 L/s
Coeficiente máximo horario, K2	1,60
Caudal máximo horario, QMH	0,970 L/s
Caudal de diseño adoptado	1,00 L/s

El caudal de diseño adoptado de **1,00 L/s** se utiliza para la verificación de la captación, conducción, planta de tratamiento, almacenamiento y red de distribución.

6.6 Criterios para la fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento corresponde a un nacimiento o caño superficial que históricamente ha permitido el suministro del sistema. Para el diseño hidráulico se considera que la fuente debe garantizar, como mínimo, el caudal de diseño adoptado de **1,00 L/s**, sin comprometer la sostenibilidad del recurso hídrico.

Criterio	Valor o condición
Tipo de fuente	Superficial, tipo caño o nacimiento
Caudal de diseño requerido	1,00 L/s
Condición esperada	Oferta suficiente frente a demanda proyectada
Verificación recomendada	Aforo en época seca
Protección requerida	Protección sanitaria de la captación y área inmediata

Aunque el sistema ha operado históricamente y la comunidad manifiesta que no se ha secado durante épocas de verano, se recomienda mantener como medida técnica la realización de aforos de control en época seca, con el fin de confirmar la oferta mínima disponible.

6.7 Criterios para la captación

La captación debe garantizar la derivación controlada del caudal requerido hacia el sistema, evitando el ingreso excesivo de sólidos, hojas, material vegetal, sedimentos y elementos que puedan afectar la continuidad del servicio.

Parámetro	Criterio adoptado
Caudal de captación	1,00 L/s
Tipo de captación	Bocatoma optimizada
Protección	Rejilla o elemento de cribado
Control de sólidos	Cámara o estructura de retención inicial
Mantenimiento	Acceso para limpieza manual
Seguridad sanitaria	Protección frente a ingreso de animales y contaminantes
Manejo de excedencias	Salida o rebose controlado hacia el cauce

La captación deberá diseñarse de manera que reduzca los taponamientos recurrentes y permita una operación más confiable por parte de la comunidad.

6.8 Criterios para la conducción principal

La conducción principal debe transportar el caudal de diseño desde la bocatoma hasta la infraestructura de tratamiento y almacenamiento, garantizando continuidad hidráulica, baja pérdida de carga y protección física de la tubería.

Parámetro	Criterio adoptado
Caudal de conducción	1,00 L/s
Diámetro adoptado para conducción principal	Ø63 mm
Material propuesto	PEAD o PVC presión
Tipo de instalación	Enterrada y protegida
Profundidad mínima recomendada	Según condición de terreno y cruce
Accesorios requeridos	Válvulas, purgas, ventosas y anclajes
Protección especial	Cruces de vía y zonas expuestas

La conducción debe eliminar la condición actual de tubería superficial, especialmente en zonas de potrero y cruces, donde se presentan riesgos de desacople, rotura, contaminación y pérdida de continuidad.

6.9 Criterios para la planta de tratamiento de agua potable

El diseño hidráulico incorpora una planta de tratamiento de agua potable con capacidad de **1,00 L/s**, la cual debe integrarse al sistema de conducción y almacenamiento.

Parámetro	Valor o criterio
Capacidad hidráulica PTAP	1,00 L/s
Tipo de agua	Superficial
Función	Potabilización del agua captada
Ubicación hidráulica	Entre captación/conducción y tanque de almacenamiento
Condición de operación	Continua o intermitente según demanda
Requerimiento sanitario	Garantizar agua apta para consumo humano

La planta deberá seleccionarse o diseñarse de acuerdo con la calidad del agua cruda, priorizando facilidad de operación, bajo mantenimiento y sostenibilidad comunitaria.

6.10 Criterios para el tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento cumple la función de regular la demanda, garantizar continuidad del servicio, permitir almacenamiento operativo y estabilizar la distribución hacia los usuarios.

Parámetro	Valor
Volumen requerido adoptado	21,56 m³
Volumen existente aproximado	21,40 m³
Función hidráulica	Regulación y almacenamiento
Condición requerida	Estanqueidad, protección sanitaria y operación segura
Recomendación	Rehabilitación integral o construcción de tanque nuevo

Aunque el volumen del tanque existente es cercano al volumen requerido, su condición física con filtraciones obliga a verificar si puede ser rehabilitado o si se requiere una nueva estructura.

6.11 Criterios para la red de distribución

La red de distribución se diseña para entregar el caudal requerido a los usuarios, garantizando presiones adecuadas y velocidades dentro de rangos aceptables.

Parámetro	Criterio adoptado
Tipo de red	Red ramificada rural
Funcionamiento	Por gravedad
Diámetros modelados	Ø25 mm, Ø32 mm, Ø40 mm, Ø50 mm
Material	PEAD o PVC presión
Asignación de demanda	Por sectores hidráulicos
Caudal total distribuido	1,00 L/s
Verificación	Presión, velocidad, pérdida de carga y caudal

La red se organiza mediante nodos y tramos hidráulicos, distribuyendo la demanda entre los sectores definidos en el modelo.

6.12 Criterios de presión

Las presiones disponibles en la red deben permitir la prestación efectiva del servicio a los usuarios, evitando tanto presiones insuficientes como sobrepresiones que puedan afectar las tuberías o accesorios.

Condición	Criterio
Presión mínima deseable en puntos de servicio	10 m.c.a.
Presión aceptable en condición rural	Entre 8 y 10 m.c.a., si garantiza servicio
Presión máxima recomendable	Controlar si supera valores que comprometan accesorios
Verificación requerida	Presión por nodo del modelo
Elementos de control	Válvulas reguladoras o cámaras de quiebre, si aplica

Para el presente sistema rural, se considera aceptable que algunos puntos operen alrededor de 8 a 10 m.c.a., siempre que se garantice continuidad, disponibilidad y funcionamiento adecuado de las conexiones domiciliarias.

6.13 Criterios de velocidad

Las velocidades en las tuberías deben mantenerse dentro de rangos adecuados que eviten sedimentación, acumulación de aire, pérdidas excesivas o deterioro de la infraestructura.

Condición	Criterio
Velocidad mínima recomendada	0,30 m/s
Velocidad máxima recomendada	2,00 m/s
Velocidad admisible en sistemas rurales pequeños	Puede ser menor en ramales de bajo consumo
Verificación requerida	Velocidad por tramo
Medida de control	Ajuste de diámetro o purgas en puntos bajos

En ramales de baja demanda pueden presentarse velocidades menores a 0,30 m/s, por lo cual se recomienda incorporar purgas para facilitar lavado y mantenimiento.

6.14 Criterios de pérdida de carga

Las pérdidas de carga se calculan mediante la ecuación de Hazen-Williams, adoptando coeficientes de rugosidad acordes con materiales nuevos de PEAD o PVC presión.

Parámetro	Valor adoptado
Método de cálculo	Hazen-Williams
Coeficiente C para PEAD/PVC nuevo	140
Variable de análisis	Pérdida por fricción en tuberías
Verificación	Pérdida de carga por tramo y acumulada
Criterio de aceptación	Que no comprometa la presión mínima en usuarios

El análisis de pérdidas de carga permite verificar si los diámetros adoptados son suficientes para conducir el caudal asignado sin afectar las presiones disponibles en la red.

6.15 Criterios de materiales

Para la conducción y red de distribución se consideran tuberías en PEAD o PVC presión, por su comportamiento hidráulico, facilidad de instalación, disponibilidad comercial y adecuada resistencia para sistemas rurales.

Material	Aplicación recomendada	Coeficiente C adoptado
PEAD presión	Conducción y redes en terreno rural	140
PVC presión	Redes de distribución y tramos protegidos	140
Accesorios PVC/PEAD	Uniones, derivaciones y conexiones	Según especificación técnica

El material definitivo deberá seleccionarse teniendo en cuenta disponibilidad, presión nominal requerida, condiciones del terreno, facilidad de instalación y compatibilidad con accesorios.

6.16 Criterios para accesorios hidráulicos

El sistema debe incluir accesorios que faciliten la operación, control y mantenimiento de la red.

Accesorio	Ubicación recomendada	Función
Válvula de cierre	Salida del tanque y entrada de ramales	Sectorización y mantenimiento
Válvula de purga	Puntos bajos de la red	Evacuación de sedimentos y

Accesorio	Ubicación recomendada	Función
		lavado
Ventosa	Puntos altos de la conducción y red	Evacuación y admisión de aire
Anclajes	Cambios de dirección y pendientes fuertes	Estabilidad de la tubería
Cámara de válvula	Puntos de operación	Protección de accesorios
Protección en cruce vial	Cruces de vías o caminos	Protección mecánica de tubería
Macromedidor	Salida de PTAP o tanque	Control de caudal producido

Estos accesorios son indispensables para mejorar la confiabilidad operativa del sistema y reducir fallas por aire atrapado, sedimentos, golpes hidráulicos, fugas o falta de sectorización.

6.17 Parámetros adoptados para el modelo hidráulico

A continuación, se presenta la síntesis de parámetros adoptados para el modelo hidráulico:

Parámetro	Valor adoptado
Caudal total de diseño	1,00 L/s
Método hidráulico	Hazen-Williams
Coeficiente C	140
Material de tubería	PEAD/PVC presión
Diámetro conducción principal	Ø63 mm
Diámetros red de distribución	Ø25 mm a Ø50 mm
Volumen de tanque	21,56 m³
Capacidad PTAP	1,00 L/s
Tipo de red	Ramificada
Condición de operación	Gravedad
Presión mínima deseable	10 m.c.a.
Velocidad mínima recomendada	0,30 m/s
Velocidad máxima recomendada	2,00 m/s

6.18 Conclusión del capítulo

Los criterios y parámetros adoptados permiten establecer una base técnica coherente para el diseño hidráulico del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio. El sistema se diseña para un horizonte de **25 años**, con una población futura adoptada de **236 habitantes**, una demanda diaria de **40,26 m³/día** y un caudal de diseño de **1,00 L/s**.

El modelo hidráulico se desarrolla bajo la metodología de Hazen-Williams, con coeficiente de rugosidad **C = 140**, tuberías en PEAD o PVC presión, conducción principal en **Ø63 mm**, red de distribución en diámetros entre **Ø25 mm y Ø50 mm**, planta de tratamiento de **1,00 L/s** y tanque de almacenamiento de aproximadamente **21,56 m³**.

Estos parámetros permiten verificar el comportamiento hidráulico de la conducción y la red de distribución, evaluar presiones, velocidades y pérdidas de carga, y definir los accesorios necesarios para garantizar una operación segura, eficiente y sostenible del sistema.

7. VERIFICACIÓN DE OFERTA HÍDRICA DE LA FUENTE

La verificación de la oferta hídrica de la fuente abastecedora constituye un componente fundamental dentro del diseño hidráulico del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio, debido a que permite establecer si el caudal disponible en la fuente superficial es suficiente para atender la demanda actual y futura del sistema.

El sistema se abastece de una fuente tipo caño o nacimiento natural, localizada aproximadamente 12 metros aguas arriba de la bocatoma existente, en un sector de características rocosas. Esta fuente ha permitido históricamente el funcionamiento del acueducto veredal y, de acuerdo con la información comunitaria, el sistema ha mantenido suministro aun en épocas de verano. No obstante, desde el punto de vista técnico, resulta necesario comparar la oferta hídrica medida con la demanda proyectada y conservar la recomendación de realizar aforos de control en época seca.

7.1 Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento corresponde a un nacimiento o caño superficial de pequeña escala, ubicado en el área rural del Centro Poblado de San Carlos del Guavio. La captación se realiza mediante una bocatoma existente, localizada aproximadamente en las siguientes coordenadas:

Elemento	Coordenada aproximada
Latitud	4°45'14" N
Longitud	73°04'10.5" W

La fuente se encuentra en un área de características rocosas y presenta una relación directa con las condiciones hidrológicas locales. Por esta razón, su evaluación debe considerar tanto el caudal

observado durante el aforo realizado como la posibilidad de variación estacional asociada a periodos de lluvia y sequía.

7.2 Caudal aforado de la fuente

De acuerdo con el estudio hidrológico y meteorológico del proyecto, se adoptó como referencia un caudal aforado promedio de **2,57 L/s** para la fuente abastecedora. Este valor permite establecer una condición favorable frente al caudal de diseño hidráulico adoptado para el sistema, correspondiente a **1,00 L/s**.

Parámetro	Valor
Caudal aforado promedio	2,57 L/s
Caudal de diseño adoptado	1,00 L/s
Relación caudal aforado / caudal de diseño	2,57
Condición inicial	Oferta superior al caudal requerido

La relación entre el caudal aforado y el caudal de diseño indica que la fuente presenta una oferta aproximadamente **2,57 veces mayor** que el caudal requerido para la operación del sistema proyectado.

7.3 Conversión del caudal aforado a volumen diario

Para comparar la oferta hídrica con la demanda diaria del sistema, se convierte el caudal aforado de litros por segundo a metros cúbicos por día.

La conversión se realiza mediante la siguiente expresión:

[
V = Q \times 86,4
]

Donde:

Variable	Descripción	Unidad
V	Volumen diario disponible	m³/día
Q	Caudal aforado	L/s
86,4	Factor de conversión de L/s a m³/día	—

Aplicando la expresión:

[
V
] = 2,57 \times 86,4

[
V
] = 222,05 \text{ m³/día}

Por tanto, la oferta diaria estimada de la fuente corresponde aproximadamente a **222,05 m³/día**.

7.4 Demanda futura del sistema

Para el diseño hidráulico se adopta una demanda futura diaria de **40,26 m³/día**, correspondiente al escenario de diseño del sistema, y un caudal hidráulico de **1,00 L/s**, equivalente al caudal máximo horario redondeado y a la capacidad proyectada para la planta de tratamiento.

Parámetro	Valor
Población futura adoptada	236 habitantes
Demanda futura diaria	40,26 m³/día
Caudal medio diario	0,466 L/s
Caudal máximo diario	0,606 L/s
Caudal máximo horario	0,970 L/s
Caudal de diseño adoptado	1,00 L/s

La adopción de **1,00 L/s** permite contar con un valor técnico redondeado y operativo para la verificación de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y red de distribución.

7.5 Balance oferta-demanda

El balance oferta-demanda permite establecer si el volumen disponible en la fuente es suficiente para atender la demanda futura del sistema.

Concepto	Valor
Caudal aforado promedio	2,57 L/s
Oferta diaria estimada	222,05 m³/día
Demanda futura diaria	40,26 m³/día
Excedente teórico diario	181,79 m³/día

Concepto	Valor
Porcentaje de utilización de la oferta	18,13 %
Relación oferta/demanda	5,52
Condición	Favorable

El resultado muestra que la demanda futura diaria representa aproximadamente el **18,13 %** de la oferta diaria estimada a partir del caudal aforado. En consecuencia, bajo las condiciones del aforo realizado, la fuente presenta una oferta favorable para atender el caudal de diseño del sistema.

7.6 Comparación entre caudal disponible y caudal de diseño

Adicionalmente, se compara el caudal aforado directamente con el caudal de diseño adoptado.

Parámetro	Valor
Caudal aforado	2,57 L/s
Caudal de diseño	1,00 L/s
Diferencia disponible	1,57 L/s
Porcentaje del caudal aforado requerido para diseño	38,91 %
Condición hidráulica	Suficiente

El caudal de diseño de **1,00 L/s** representa aproximadamente el **38,91 %** del caudal aforado. Esto significa que, bajo el escenario medido, existe un margen hidráulico suficiente para la operación del sistema proyectado.

7.7 Consideración de variabilidad estacional

Aunque el balance oferta-demanda es favorable, debe tenerse en cuenta que la fuente corresponde a un caño o nacimiento superficial de pequeña escala, por lo cual puede presentar variaciones asociadas al régimen de lluvias, condiciones de infiltración, cobertura vegetal, uso del suelo y periodos secos.

La comunidad manifiesta que el sistema ha estado en funcionamiento por más de 25 años y que no se ha secado, incluso en épocas de verano. Esta información constituye un antecedente positivo de permanencia de la fuente. Sin embargo, desde el punto de vista técnico se recomienda realizar un aforo complementario en época seca, con el fin de confirmar el caudal mínimo disponible bajo condiciones críticas.

Aspecto	Análisis

Aspecto	Análisis
Tipo de fuente	Caño o nacimiento superficial
Condición histórica reportada	Permanencia del servicio en época de verano
Riesgo técnico	Reducción de caudal en periodos secos
Medida recomendada	Aforo complementario en época seca
Aplicación al diseño	Confirmar margen de seguridad de la fuente

La recomendación de realizar aforo en época seca no invalida el diseño hidráulico adoptado, sino que fortalece la verificación técnica de la fuente y permite consolidar información para la operación futura del sistema.

7.8 Caudal ecológico y manejo de excedencias

El diseño hidráulico debe garantizar que la captación derive únicamente el caudal requerido para el sistema, evitando afectar innecesariamente el flujo natural de la fuente aguas abajo. Para ello, la captación deberá contar con elementos que permitan el manejo de excedencias y el retorno del caudal no utilizado al cauce natural.

Elemento	Criterio
Caudal requerido para el sistema	1,00 L/s
Caudal aforado promedio	2,57 L/s
Excedente frente al diseño	1,57 L/s
Manejo recomendado	Rebose o excedencia controlada hacia el cauce
Objetivo	Evitar captación total innecesaria de la fuente

La estructura de captación proyectada deberá permitir la derivación controlada del caudal de diseño y garantizar que los excedentes continúen su curso natural, en concordancia con criterios de sostenibilidad ambiental y operación responsable del recurso hídrico.

7.9 Implicaciones para el diseño hidráulico

Con base en la verificación de la oferta hídrica, se establecen las siguientes implicaciones para el diseño de los componentes del sistema:

Componente	Implicación del balance oferta-demanda
Captación	Debe captar de manera controlada 1,00 L/s y permitir excedencias

Componente	Implicación del balance oferta-demanda
Conducción	Debe transportar el caudal de diseño sin pérdidas excesivas
PTAP	Se proyecta con capacidad hidráulica de 1,00 L/s
Tanque	Debe regular la demanda diaria y variaciones horarias
Red de distribución	Debe distribuir 1,00 L/s entre los sectores de servicio
Operación	Debe controlar caudales, limpieza de captación y continuidad
Ambiente	Debe verificarse concesión o permiso de aprovechamiento de agua

El balance favorable permite sustentar técnicamente que el sistema puede ser diseñado para un caudal de **1,00 L/s**, siempre que se optimice la captación, se proteja la conducción y se implemente una operación adecuada.

7.10 Síntesis del balance hídrico para diseño

A continuación, se presenta la síntesis de la verificación de oferta hídrica:

Parámetro	Valor
Caudal aforado promedio	2,57 L/s
Oferta diaria estimada	222,05 m³/día
Demanda futura diaria	40,26 m³/día
Caudal medio diario	0,466 L/s
Caudal máximo horario	0,970 L/s
Caudal de diseño adoptado	1,00 L/s
Excedente frente al caudal de diseño	1,57 L/s
Relación oferta/demanda diaria	5,52
Porcentaje de utilización de la oferta	18,13 %
Condición general	Favorable para el diseño

7.12 Conclusión del capítulo

La verificación de la oferta hídrica permite concluir que la fuente abastecedora del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio presenta una condición favorable frente a la demanda futura proyectada.

El caudal aforado promedio de **2,57 L/s** representa una oferta diaria estimada de aproximadamente **222,05 m³/día**, mientras que la demanda futura adoptada para el sistema corresponde a **40,26 m³/día**. Esto indica que la demanda representa cerca del **18,13 %** de la oferta estimada, con una relación oferta/demanda de **5,52**.

Así mismo, el caudal de diseño de **1,00 L/s** representa aproximadamente el **38,91 %** del caudal aforado, dejando un excedente teórico de **1,57 L/s** frente al caudal requerido para la operación del sistema.

En consecuencia, se considera técnicamente viable adoptar un caudal de diseño de **1,00 L/s** para la captación, conducción, planta de tratamiento, almacenamiento y red de distribución. Sin embargo, dado que la fuente corresponde a un caño o nacimiento superficial de pequeña escala, se recomienda realizar un aforo complementario en época seca, con el fin de confirmar el caudal mínimo disponible y fortalecer el seguimiento operativo del sistema.

La estructura de captación deberá diseñarse para derivar de manera controlada el caudal requerido, evitar el ingreso de sólidos, facilitar la limpieza, proteger sanitariamente la fuente y permitir el retorno de excedencias al cauce natural.

8. DESCRIPCIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO

El modelo hidráulico del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio se desarrolla con el propósito de representar el comportamiento hidráulico del sistema proyectado, verificar la capacidad de la conducción y red de distribución, evaluar las presiones disponibles, revisar velocidades, pérdidas de carga y establecer los diámetros requeridos para garantizar una prestación adecuada del servicio.

El modelo se construye con base en el levantamiento topográfico, el trazado del plano hidráulico, la ubicación de la captación, la planta de tratamiento, el tanque de almacenamiento y los ramales de distribución hacia los usuarios. Adicionalmente, se incorporan los criterios de demanda definidos en los capítulos anteriores, adoptando un caudal de diseño de **1,00 L/s**, distribuido en los sectores hidráulicos del sistema.

8.1 Propósito del modelo hidráulico

El modelo hidráulico permite analizar el funcionamiento del sistema bajo condiciones de diseño, identificando el comportamiento de los tramos de tubería y nodos de servicio. Su propósito principal es verificar que la infraestructura proyectada tenga capacidad suficiente para transportar y distribuir el caudal requerido, manteniendo condiciones adecuadas de presión y operación.

Los objetivos específicos del modelo son los siguientes:

Objetivo del modelo	Descripción

Objetivo del modelo	Descripción
Representar el sistema proyectado	Integrar captación, PTAP, tanque y red de distribución
Verificar la conducción	Evaluar la capacidad de transporte del caudal de diseño
Analizar la red	Revisar caudales, presiones, velocidades y pérdidas
Definir diámetros	Validar diámetros adoptados en conducción y ramales
Asignar demandas	Distribuir el caudal de diseño por sectores de servicio
Identificar puntos críticos	Determinar necesidades de válvulas, purgas, ventosas y protección
Soportar el diseño	Generar tablas, planos y resultados para el informe técnico

8.2 Esquema general modelado

El sistema hidráulico se representa mediante un esquema de operación por gravedad, compuesto por los siguientes elementos:

Fuente / bocatoma → conducción principal → PTAP → tanque de almacenamiento → red de distribución → usuarios

El sistema parte desde la fuente superficial tipo caño o nacimiento, donde se localiza la bocatoma. A partir de este punto, el agua captada se conduce hacia el sistema de tratamiento y posteriormente hacia el tanque de almacenamiento, desde donde se distribuye hacia los diferentes sectores del centro poblado mediante una red ramificada.

Componente	Representación dentro del modelo
Fuente / bocatoma	Nodo inicial de captación
PTAP	Nodo de tratamiento con capacidad de 1,00 L/s
Tanque	Nodo de almacenamiento y regulación
Conducción principal	Tramo entre bocatoma y tanque/PTAP
Red matriz	Ramales principales de distribución
Derivaciones	Ramales secundarios hacia sectores de usuarios
Usuarios	Demandas asignadas por nodos de servicio

8.3 Información utilizada para la construcción del modelo

Para la elaboración del modelo hidráulico se empleó la información técnica disponible del proyecto, incluyendo:

Información utilizada	Aplicación dentro del modelo
Levantamiento topográfico	Definición de trazados, longitudes y localización de componentes
Plano hidráulico en DXF	Identificación de nodos, tramos, ramales y estructuras
Diagnóstico del sistema existente	Identificación de deficiencias hidráulicas actuales
Levantamiento de usuarios	Asignación de demandas por sectores
Estudio hidrológico	Verificación del caudal disponible en la fuente
Parámetros de diseño	Definición de caudal, diámetros, rugosidad y material
Modelo hidráulico auditado	Soporte gráfico y técnico de la red modelada

El diagnóstico del sistema existente evidencia que la conducción actual corresponde aproximadamente a tubería de 2 pulgadas, en varios tramos superficial y expuesta, con problemas de desacoples, baja continuidad y baja presión. Esta condición justifica la necesidad de modelar y optimizar la conducción y la red de distribución.

8.4 Tipo de modelo adoptado

El modelo adoptado corresponde a un sistema hidráulico de red ramificada, operado por gravedad, adecuado para las condiciones del acueducto veredal. Este tipo de configuración es coherente con la escala del sistema, la ubicación de los usuarios, el trazado de la red y la existencia de un tanque de almacenamiento como estructura reguladora.

Característica	Condición adoptada
Tipo de sistema	Acueducto veredal rural
Tipo de red	Ramificada
Operación hidráulica	Por gravedad
Fuente	Superficial, tipo caño o nacimiento
Almacenamiento	Tanque regulador
Distribución	Por ramales hacia sectores de usuarios
Caudal total modelado	1,00 L/s
Método de cálculo	Hazen-Williams

La red ramificada permite representar de manera adecuada la distribución hacia los diferentes sectores del centro poblado, considerando que el sistema no corresponde a una malla cerrada urbana, sino a una infraestructura rural con ramales principales y derivaciones.

8.5 Método de cálculo hidráulico

Para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías se adopta el método de **Hazen-Williams**, ampliamente utilizado para sistemas de agua potable a presión. Este método permite estimar las pérdidas por fricción en función del caudal, diámetro, longitud de tubería y coeficiente de rugosidad del material.

La ecuación general empleada es:

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{L \times Q^{1{,}852}}{C^{1{,}852} \times D^{4{,}871}}$$

Donde:

Variable	Descripción	Unidad
hf	Pérdida de carga por fricción	m
L	Longitud del tramo	m
Q	Caudal en el tramo	m^3/s
C	Coeficiente de Hazen-Williams	—
D	Diámetro interno de la tubería	m

Para el modelo se adopta un coeficiente de rugosidad **C = 140**, correspondiente a tuberías nuevas en PEAD o PVC presión, considerando un criterio conservador para efectos de diseño hidráulico.

8.6 Parámetros hidráulicos adoptados en el modelo

Los parámetros hidráulicos adoptados para la construcción del modelo se presentan en la siguiente tabla:

Parámetro	Valor adoptado
Caudal total de diseño	1,00 L/s
Método de cálculo	Hazen-Williams
Coeficiente C	140

Parámetro	Valor adoptado
Material de tubería	PEAD / PVC presión
Diámetro conducción principal	Ø63 mm
Diámetros red de distribución	Ø25 mm, Ø32 mm, Ø40 mm y Ø50 mm
Capacidad PTAP	1,00 L/s
Volumen tanque de almacenamiento	21,56 m³
Tipo de red	Ramificada
Operación	Gravedad

Estos parámetros permiten representar el comportamiento hidráulico del sistema y verificar la suficiencia de los diámetros adoptados frente a la demanda distribuida.

8.7 Componentes representados en el modelo

El modelo hidráulico integra los componentes principales del sistema, desde la captación hasta los sectores de distribución.

Código	Componente	Función hidráulica
N-01	Bocatoma	Punto de captación del sistema
N-02	PTAP	Tratamiento del agua captada
N-03	Tanque de almacenamiento	Regulación y distribución
N-04	Junción oriental	Reparto hacia ramales orientales
N-05	Fin ramal oriental	Nodo de servicio sector oriente alto
N-06	Fin derivación oriental	Nodo de servicio sector oriente bajo
N-07	Fin derivación central	Nodo de servicio centro-oriente
N-08	Fin ramal suroriental	Nodo de servicio suroriente
N-09	Junción sur	Reparto hacia sector sur
N-10	Fin ramal sur	Nodo de servicio sector sur
N-11	Fin derivación suroccidental	Nodo de servicio suroccidente
N-12	Fin derivación nororiental	Nodo de servicio nororiente

8.8 Tramos modelados

El trazado hidráulico se organiza en ocho tramos principales, correspondientes a la conducción, ramales principales y derivaciones de distribución. Las longitudes fueron determinadas a partir del plano del modelo hidráulico.

Tramo	Descripción	Longitud aproximada	Diámetro adoptado	Material
L-00	Conducción bocatoma - tanque/PTAP	434,66 m	Ø63 mm	PEAD/PVC
L-01	Ramal principal nororiental	395,85 m	Ø50 mm	PEAD/PVC
L-02	Derivación nororiental	72,82 m	Ø32 mm	PEAD/PVC
L-03	Derivación oriental	94,25 m	Ø32 mm	PEAD/PVC
L-04	Derivación central	35,82 m	Ø25 mm	PEAD/PVC
L-05	Ramal principal sur	270,11 m	Ø50 mm	PEAD/PVC
L-06	Derivación suroccidental	125,71 m	Ø32 mm	PEAD/PVC
L-07	Ramal suroriental	166,62 m	Ø40 mm	PEAD/PVC

La conducción principal L-00 se modela con capacidad para transportar el caudal total de diseño de **1,00 L/s** desde la captación hasta la infraestructura de tratamiento y almacenamiento. Los demás tramos distribuyen el caudal hacia los sectores de servicio definidos en el modelo.

8.9 Diámetros adoptados

Los diámetros adoptados se definieron considerando el caudal de diseño, la jerarquía hidráulica de cada tramo, la longitud del ramal, las pérdidas de carga esperadas y las condiciones de operación rural.

Tipo de tramo	Diámetro adoptado	Justificación
Conducción principal	Ø63 mm	Transporte del caudal total de diseño
Ramales principales	Ø50 mm	Distribución hacia sectores con mayor demanda
Ramal secundario	Ø40 mm	Atención de sector intermedio
Derivaciones	Ø32 mm	Alimentación de sectores menores
Derivación corta	Ø25 mm	Nodo de baja demanda

La selección de diámetros busca garantizar una operación hidráulica eficiente, evitando pérdidas excesivas en la conducción principal y permitiendo una distribución adecuada en los ramales.

8.10 Asignación de demandas en el modelo

La demanda total de diseño de **1,00 L/s** se distribuye entre los nodos de servicio, considerando la localización de usuarios, la configuración del trazado y la sectorización hidráulica del sistema.

Nodo de servicio	Sector	Demanda asignada
N-05	Oriente alto	0,18 L/s
N-06	Oriente bajo	0,11 L/s
N-07	Centro oriente	0,05 L/s
N-08	Suroriente	0,14 L/s
N-10	Sur	0,24 L/s
N-11	Suroccidente	0,12 L/s
N-12	Nororiente	0,16 L/s
Total distribuido	Sistema completo	1,00 L/s

Esta distribución permite representar el consumo del sistema por sectores, facilitando la evaluación de los caudales en cada tramo, las pérdidas de carga y las presiones disponibles.

8.11 Condiciones de frontera del modelo

Las condiciones de frontera definen el comportamiento hidráulico inicial del modelo y las restricciones de operación adoptadas para el análisis.

Condición de frontera	Valor o criterio adoptado
Nodo inicial	Bocatoma N-01
Caudal captado	1,00 L/s
Capacidad PTAP	1,00 L/s
Tanque	Almacenamiento de regulación
Red de distribución	Sistema ramificado
Demanda total	1,00 L/s
Material de tubería	PEAD/PVC presión

Condición de frontera	Valor o criterio adoptado
Coeficiente de rugosidad	C = 140
Operación	Gravedad

El modelo supone que el sistema opera con disponibilidad suficiente de agua en la captación y que el tanque funciona como elemento de regulación para la red de distribución.

8.12 Plano del modelo hidráulico

El modelo hidráulico se representa gráficamente mediante el plano elaborado en formato DXF, donde se identifican los principales componentes hidráulicos del sistema: bocatoma, PTAP, tanque de almacenamiento, nodos, tramos, diámetros, longitudes y sectores de demanda.

El plano incluye las siguientes capas técnicas:

Capa	Contenido
MH_CONDUCCION	Conducción principal del sistema
MH_RAMAL_PRINCIPAL	Ramales principales de distribución
MH_RAMAL_SECUNDARIO	Ramal secundario modelado
MH_DERIVACIONES	Derivaciones hacia sectores de servicio
MH_ESTRUCTURAS	Bocatoma, PTAP y tanque
MH_NODOS	Nodos de junción y servicio
MH_TEXTOS	Etiquetas, diámetros, longitudes y códigos
MH_CUADROS	Cuadros de nodos, tramos y criterios

La organización por capas permite revisar de manera clara el trazado del modelo, los componentes hidráulicos y los resultados asociados a cada tramo.

8.13 Sectorización hidráulica adoptada

Para facilitar la asignación de demandas y el análisis de resultados, el sistema se divide en sectores de distribución asociados a los ramales principales y derivaciones.

Sector	Nodo asociado	Tramo de alimentación	Demanda
Nororiente	N-12	L-02	0,16 L/s

Sector	Nodo asociado	Tramo de alimentación	Demanda
Oriente alto	N-05	L-01	0,18 L/s
Oriente bajo	N-06	L-03	0,11 L/s
Centro oriente	N-07	L-04	0,05 L/s
Suroriente	N-08	L-07	0,14 L/s
Sur	N-10	L-05	0,24 L/s
Suroccidente	N-11	L-06	0,12 L/s

Esta sectorización permite interpretar el comportamiento hidráulico por zonas de servicio y facilita la operación futura mediante válvulas de cierre, purgas y control de presiones.

8.14 Criterios de revisión del modelo

Una vez construido el modelo, los resultados deben revisarse a partir de los siguientes criterios hidráulicos:

Variable	Criterio de revisión
Presión en nodos	Verificar presión suficiente para el servicio
Velocidad en tuberías	Revisar que no existan velocidades excesivas
Pérdida de carga	Verificar pérdidas por tramo y acumuladas
Caudal por tramo	Confirmar capacidad hidráulica de cada diámetro
Continuidad del sistema	Verificar conducción del caudal de diseño
Puntos altos	Identificar necesidad de ventosas
Puntos bajos	Identificar necesidad de purgas
Cambios de dirección	Identificar necesidad de anclajes

Estos criterios permiten establecer si el sistema proyectado cumple con las condiciones hidráulicas requeridas para una prestación eficiente y sostenible.

8.15 Síntesis del modelo hidráulico

A continuación, se presenta la síntesis general del modelo hidráulico elaborado:

Parámetro	Valor

Parámetro	Valor
Tipo de sistema	Acueducto veredal
Tipo de red	Ramificada
Operación	Gravedad
Caudal total modelado	1,00 L/s
Número de nodos	12
Número de tramos	8
Longitud total aproximada modelada	1.595,23 m
Diámetro conducción principal	Ø63 mm
Diámetros de distribución	Ø25 mm a Ø50 mm
Material adoptado	PEAD/PVC presión
Método de cálculo	Hazen-Williams
Coeficiente C	140
Capacidad PTAP	1,00 L/s
Volumen tanque	21,56 m³

8.16 Conclusión del capítulo

El modelo hidráulico del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio representa de manera integral la configuración proyectada del sistema, desde la captación hasta la distribución por sectores de servicio.

El modelo está conformado por **12 nodos** y **8 tramos**, con una longitud total aproximada de **1.595,23 m** de tubería modelada. La conducción principal se adopta en **Ø63 mm**, los ramales principales en **Ø50 mm**, el ramal secundario en **Ø40 mm** y las derivaciones en diámetros entre **Ø25 mm y Ø32 mm**.

La demanda total modelada corresponde a **1,00 L/s**, distribuida entre los sectores de servicio definidos en la red. Esta configuración permite evaluar el comportamiento hidráulico del sistema, verificar presiones, velocidades, pérdidas de carga, capacidad de conducción y necesidad de accesorios para operación y mantenimiento.

En consecuencia, el modelo hidráulico constituye la base técnica para los capítulos siguientes, en los cuales se presentan los resultados hidráulicos de la conducción, la red de distribución, el tanque de almacenamiento y los elementos complementarios requeridos para garantizar una operación eficiente, segura y sostenible del sistema.

9. RESULTADOS HIDRÁULICOS DE LA CONDUCCIÓN PRINCIPAL

La conducción principal constituye uno de los componentes más importantes del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio, debido a que permite transportar el caudal captado desde la bocatoma hasta la infraestructura de tratamiento y almacenamiento. Su correcto funcionamiento es fundamental para garantizar la continuidad del servicio y la disponibilidad de agua para la red de distribución.

En el sistema existente, la conducción corresponde aproximadamente a una tubería de **2 pulgadas**, instalada en varios tramos de manera superficial, sin protección mecánica suficiente y expuesta al paso de ganado, condición que genera desacoples, fugas, movimientos de la tubería e interrupciones del servicio. Por esta razón, el diseño hidráulico contempla una conducción técnicamente instalada, enterrada, protegida y con capacidad suficiente para transportar el caudal de diseño adoptado.

9.1 Descripción de la conducción modelada

La conducción principal se modela como el tramo hidráulico que conecta la bocatoma con el sistema de tratamiento y almacenamiento. En el modelo hidráulico se identifica como el tramo **L-00**, correspondiente a la línea de aducción o conducción principal.

Parámetro	Valor adoptado
Código del tramo	L-00
Descripción	Conducción bocatoma - PTAP / tanque
Longitud aproximada	434,66 m
Diámetro adoptado	Ø63 mm
Material propuesto	PEAD / PVC presión
Caudal de diseño	1,00 L/s
Tipo de operación	Gravedad
Método de cálculo	Hazen-Williams
Coeficiente C adoptado	140

La longitud del tramo se obtiene del trazado definido en el plano del modelo hidráulico, mientras que el diámetro se adopta con base en el caudal de diseño, la condición rural del sistema y la necesidad de garantizar una conducción estable con pérdidas de carga controladas.

9.2 Caudal de diseño de la conducción

La conducción principal debe transportar el caudal total de diseño del sistema, correspondiente a **1,00 L/s**. Este valor se adopta con base en la demanda futura, el caudal máximo horario calculado y la capacidad proyectada para la planta de tratamiento de agua potable.

Concepto	Valor
Demanda futura diaria	40,26 m³/día
Caudal medio diario	0,466 L/s
Caudal máximo diario	0,606 L/s
Caudal máximo horario	0,970 L/s
Caudal de diseño adoptado	1,00 L/s
Caudal conducido en L-00	1,00 L/s

El caudal de **1,00 L/s** permite verificar la conducción bajo una condición de máxima exigencia hidráulica, garantizando que la línea tenga capacidad para atender la demanda proyectada del sistema.

9.3 Cálculo del área hidráulica de la tubería

Para una tubería de diámetro nominal adoptado **Ø63 mm**, se toma como referencia un diámetro hidráulico de **0,063 m** para efectos de cálculo general.

El área hidráulica se calcula mediante la expresión:

[
A = \frac{\pi D^2}{4}
]

Donde:

Variable	Descripción	Valor
A	Área hidráulica de la tubería	m²
D	Diámetro de la tubería	0,063 m

Aplicando la expresión:

$$A = \frac{\pi (0,063)^2}{4}$$

$$A = 0,00312 \text{ m}^2$$

Por tanto, el área hidráulica aproximada de la conducción principal corresponde a **0,00312 m²**.

9.4 Velocidad en la conducción principal

La velocidad del flujo se calcula mediante la relación entre el caudal y el área hidráulica de la tubería:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Donde:

Variable	Descripción	Valor
V	Velocidad del flujo	m/s
Q	Caudal de diseño	0,001 m³/s
A	Área hidráulica	0,00312 m²

Aplicando la expresión:

$$V = \frac{0,001}{0,00312}$$

$$V = 0,32 \text{ m/s}$$

La velocidad estimada en la conducción principal es de aproximadamente **0,32 m/s**.

Este valor se considera adecuado para un sistema rural de pequeña escala, debido a que permite transportar el caudal de diseño sin generar velocidades excesivas ni pérdidas de carga elevadas. Aunque se encuentra cerca del límite inferior recomendado, resulta aceptable para la conducción principal, siempre que se implementen puntos de purga, limpieza y mantenimiento periódico.

9.5 Pérdida de carga por fricción

Para la estimación de la pérdida de carga en la conducción se emplea la ecuación de Hazen-Williams:

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{L \times Q^{1{,}852}}{C^{1{,}852} \times D^{4{,}871}}$$

Donde:

Variable	Descripción	Valor adoptado
hf	Pérdida de carga por fricción	m
L	Longitud de la conducción	434,66 m
Q	Caudal	0,001 m³/s
C	Coeficiente Hazen-Williams	140
D	Diámetro	0,063 m

Aplicando los parámetros adoptados, se obtiene una pérdida de carga aproximada de:

$$h_f \approx 1{,}00 \text{ m}$$

La pérdida de carga estimada para la conducción principal es baja, lo cual indica que el diámetro adoptado **Ø63 mm** resulta hidráulicamente adecuado para transportar el caudal de diseño de **1,00 L/s** en la longitud modelada.

9.6 Pendiente hidráulica de la conducción

La pendiente hidráulica asociada a la pérdida por fricción se calcula como:

$$J = \frac{h_f}{L}$$

Donde:

Variable	Descripción	Valor
J	Pendiente hidráulica	m/m

Variable	Descripción	Valor
hf	Pérdida de carga	1,00 m
L	Longitud	434,66 m

[
J = \frac{1,00}{434,66}
]

[
J = 0,00230 \text{ m/m}
]

La pendiente hidráulica aproximada corresponde a **0,00230 m/m**, equivalente a **2,30 m/km**. Este resultado refleja un comportamiento hidráulico favorable, con pérdidas moderadas a lo largo de la conducción principal.

9.7 Verificación de capacidad de la conducción

A partir de los resultados obtenidos, se verifica que la conducción principal cumple con la capacidad hidráulica requerida para el sistema.

Parámetro	Resultado	Criterio de evaluación	Condición
Caudal conducido	1,00 L/s	Igual al caudal de diseño	Cumple
Diámetro adoptado	Ø63 mm	Adecuado para conducción principal	Cumple
Velocidad	0,32 m/s	Aceptable en sistema rural	Cumple
Pérdida de carga	1,00 m	Baja para la longitud modelada	Cumple
Pendiente hidráulica	0,00230 m/m	Compatible con operación por gravedad	Cumple

La conducción proyectada en **Ø63 mm** permite transportar el caudal de diseño con una velocidad moderada y una pérdida de carga baja, condición favorable para el funcionamiento del sistema por gravedad.

9.8 Comparación con la conducción existente

La conducción existente se encuentra conformada por una tubería aproximada de **2 pulgadas**, en varios tramos superficial y sin protección adecuada. Esta condición ha generado vulnerabilidad operativa por exposición al paso de ganado, desacoples, posibles fugas y riesgo de contaminación.

El diseño hidráulico mantiene una capacidad equivalente o superior mediante una conducción en **Ø63 mm**, pero plantea su instalación de manera técnica, enterrada y protegida.

Aspecto	Condición existente	Condición proyectada
Diámetro	Aproximadamente 2"	Ø63 mm
Instalación	Superficial en varios tramos	Enterrada y protegida
Exposición	Paso de ganado y movimientos	Protección mecánica
Riesgo de desacople	Alto	Reducido
Control hidráulico	Limitado	Con purgas, ventosas y válvulas
Confiabilidad	Baja	Alta
Calidad sanitaria	Vulnerable	Mejorada

La principal mejora no corresponde únicamente al aumento o ajuste de diámetro, sino a la formalización técnica de la instalación, protección de la tubería, incorporación de accesorios y reducción de riesgos operativos.

9.9 Accesorios requeridos en la conducción

Para garantizar una operación adecuada de la conducción principal, se recomienda incorporar accesorios hidráulicos de control, operación y mantenimiento.

Accesorio	Ubicación recomendada	Función
Válvula de cierre	Salida de bocatoma y entrada a PTAP/tanque	Permitir aislamiento del tramo
Válvula de purga	Puntos bajos de la conducción	Evacuar sedimentos y facilitar lavado
Ventosa	Puntos altos de la conducción	Evacuar aire atrapado y permitir admisión de aire
Anclajes	Cambios de dirección y pendientes fuertes	Evitar desplazamientos de la tubería
Cámara de inspección	Puntos de válvula	Proteger y facilitar operación
Protección en cruce vial	Donde la conducción atraviese caminos o vía	Evitar daños por cargas externas
Rejilla previa o control de sólidos	Captación	Reducir ingreso de material vegetal y sedimentos

La instalación de estos accesorios es indispensable para corregir las deficiencias actuales del sistema, especialmente las asociadas a desacoples, taponamientos, presencia de aire, sedimentos y dificultad de mantenimiento.

9.10 Protección constructiva de la conducción

Debido a que el diagnóstico identificó tramos expuestos en zona de cauce, potrero y cruce vial, el diseño debe contemplar medidas constructivas orientadas a proteger la tubería y garantizar su estabilidad.

Condición del terreno	Medida recomendada
Zona de cauce o cercanía a drenaje	Protección con anclajes, paso controlado y recubrimiento adecuado
Zona de potrero	Enterramiento de la tubería y señalización
Paso de ganado	Profundidad suficiente y protección mecánica
Cruce de vía	Camisa de protección o estructura de cruce
Cambios de dirección	Anclajes en concreto o elementos de restricción
Puntos bajos	Instalación de purgas
Puntos altos	Instalación de ventosas

La conducción debe instalarse evitando exposición directa, garantizando estabilidad frente a cargas externas y permitiendo operación segura durante la vida útil del sistema.

9.11 Resultado técnico de la conducción principal

Con base en el análisis hidráulico realizado, se establece que la conducción principal en **Ø63 mm** tiene capacidad suficiente para transportar el caudal de diseño de **1,00 L/s**, con condiciones hidráulicas adecuadas.

Resultado	Valor
Tramo modelado	L-00
Longitud	434,66 m
Diámetro adoptado	Ø63 mm
Caudal	1,00 L/s
Velocidad calculada	0,32 m/s
Pérdida de carga estimada	1,00 m

Resultado	Valor
Pendiente hidráulica	0,00230 m/m
Condición hidráulica	Adecuada
Recomendación principal	Instalar conducción enterrada, protegida y con accesorios

9.12 Conclusión del capítulo

La conducción principal del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio fue modelada como el tramo **L-00**, con una longitud aproximada de **434,66 m**, diámetro adoptado **Ø63 mm**, material PEAD o PVC presión y caudal de diseño de **1,00 L/s**.

Los resultados hidráulicos muestran una velocidad aproximada de **0,32 m/s**, una pérdida de carga estimada de **1,00 m** y una pendiente hidráulica de **0,00230 m/m**, valores que permiten concluir que el diámetro adoptado es adecuado para transportar el caudal requerido bajo condiciones de operación por gravedad.

La conducción proyectada corrige las deficiencias identificadas en la conducción existente, la cual se encuentra en varios tramos superficial, expuesta al paso de ganado, con riesgo de desacoples, fugas e interrupciones del servicio. Por tanto, se recomienda instalar la nueva conducción de manera enterrada y protegida, incorporando válvulas de cierre, purgas, ventosas, anclajes, protección en cruces y elementos de operación que garanticen continuidad, estabilidad y facilidad de mantenimiento.

En consecuencia, la conducción principal propuesta cumple hidráulicamente con los requerimientos del sistema y constituye un componente fundamental para mejorar la confiabilidad y continuidad del acueducto veredal.

10. RESULTADOS HIDRÁULICOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio tiene como función conducir el agua desde el tanque de almacenamiento hacia los diferentes sectores de usuarios, garantizando condiciones adecuadas de presión, caudal, velocidad y continuidad del servicio.

El modelo hidráulico desarrollado permite evaluar el comportamiento de la red proyectada bajo un caudal total de diseño de **1,00 L/s**, distribuido entre los nodos de servicio definidos en el plano del modelo hidráulico. La red se configura como un sistema ramificado rural, con ramales principales, ramales secundarios y derivaciones hacia los sectores identificados dentro del área de influencia.

10.1 Configuración general de la red modelada

La red de distribución se estructura a partir del tanque de almacenamiento, desde donde se alimentan los ramales principales y derivaciones hacia los usuarios del sistema. El modelo está conformado por nodos hidráulicos y tramos de tubería que representan el trazado de distribución hacia los sectores nororiental, oriental, centro-oriental, suroriental, sur y suroccidental.

Elemento	Descripción
Tipo de red	Ramificada rural
Operación	Por gravedad
Nodo de regulación	Tanque de almacenamiento
Caudal total distribuido	1,00 L/s
Material adoptado	PEAD / PVC presión
Método de cálculo	Hazen-Williams
Coeficiente C	140
Diámetros modelados	Ø25 mm, Ø32 mm, Ø40 mm y Ø50 mm

La red se diseña buscando mejorar las condiciones actuales del sistema, en el cual se han reportado problemas de baja presión, baja continuidad, ausencia de control hidráulico y deficiencias operativas.

10.2 Tramos de distribución evaluados

La red modelada se encuentra conformada por siete tramos principales de distribución, además de la conducción principal analizada en el capítulo anterior. Los tramos de distribución corresponden a ramales principales y derivaciones hacia los sectores de servicio.

Tramo	Descripción	Longitud aproximada	Diámetro adoptado	Material
L-01	Ramal principal nororiental	395,85 m	Ø50 mm	PEAD/PVC
L-02	Derivación nororiental	72,82 m	Ø32 mm	PEAD/PVC
L-03	Derivación oriental	94,25 m	Ø32 mm	PEAD/PVC
L-04	Derivación central	35,82 m	Ø25 mm	PEAD/PVC
L-05	Ramal principal sur	270,11 m	Ø50 mm	PEAD/PVC
L-06	Derivación suroccidental	125,71 m	Ø32 mm	PEAD/PVC
L-07	Ramal suroriental	166,62 m	Ø40 mm	PEAD/PVC

La longitud total aproximada de la red de distribución modelada, sin incluir la conducción principal, corresponde a:

$$
L_{red} = 395,85 + 72,82 + 94,25 + 35,82 + 270,11 + 125,71 + 166,62
$$

$$
L_{red} = 1.161,18 \text{ m}
$$

Por tanto, la red de distribución evaluada tiene una longitud aproximada de **1.161,18 m**.

10.3 Distribución de demanda por sectores

La demanda total de diseño de **1,00 L/s** se distribuye entre los nodos de servicio del modelo, de acuerdo con la sectorización hidráulica adoptada y la ubicación de los usuarios dentro del área de influencia.

Nodo	Sector de servicio	Demanda asignada
N-05	Oriente alto	0,18 L/s
N-06	Oriente bajo	0,11 L/s
N-07	Centro oriente	0,05 L/s
N-08	Suroriente	0,14 L/s
N-10	Sur	0,24 L/s
N-11	Suroccidente	0,12 L/s
N-12	Nororiente	0,16 L/s
Total distribuido	Sistema completo	**1,00 L/s**

La mayor demanda sectorial se presenta en el sector sur, con **0,24 L/s**, seguido del sector oriente alto con **0,18 L/s** y el sector nororiente con **0,16 L/s**. Estos sectores concentran una mayor participación del caudal de diseño y, por tanto, requieren especial atención en la verificación de presiones y pérdidas de carga.

10.4 Participación porcentual de la demanda

La participación porcentual de cada sector dentro del caudal total de diseño se presenta a continuación:

Nodo	Sector	Demanda	Participación
N-05	Oriente alto	0,18 L/s	18 %
N-06	Oriente bajo	0,11 L/s	11 %
N-07	Centro oriente	0,05 L/s	5 %
N-08	Suroriente	0,14 L/s	14 %
N-10	Sur	0,24 L/s	24 %
N-11	Suroccidente	0,12 L/s	12 %
N-12	Nororiente	0,16 L/s	16 %
Total	Sistema completo	**1,00 L/s**	**100 %**

Esta distribución permite interpretar el peso hidráulico de cada sector dentro del modelo y facilita la identificación de los ramales con mayor exigencia de caudal.

10.5 Caudales por tramo de distribución

Los caudales asignados por tramo se definieron considerando la demanda acumulada de los nodos abastecidos aguas abajo de cada ramal.

Tramo	Descripción	Caudal modelado
L-01	Ramal principal nororiental	0,50 L/s
L-02	Derivación nororiental	0,16 L/s
L-03	Derivación oriental	0,11 L/s
L-04	Derivación central	0,05 L/s
L-05	Ramal principal sur	0,36 L/s
L-06	Derivación suroccidental	0,12 L/s
L-07	Ramal suroriental	0,14 L/s

El ramal principal nororiental transporta el mayor caudal de distribución, debido a que alimenta diferentes derivaciones y sectores de servicio. El ramal principal sur transporta el segundo mayor caudal, asociado a los sectores sur y suroccidental.

10.6 Velocidades estimadas por tramo

Las velocidades se calcularon a partir de la relación entre caudal y área hidráulica de cada tubería:

[
V = \frac{Q}{A}
]

Donde:

Variable	Descripción
V	Velocidad del flujo
Q	Caudal del tramo
A	Área hidráulica de la tubería

Los resultados estimados son los siguientes:

Tramo	Diámetro	Caudal	Velocidad estimada	Condición
L-01	Ø50 mm	0,50 L/s	0,25 m/s	Baja, aceptable en red rural
L-02	Ø32 mm	0,16 L/s	0,20 m/s	Baja, requiere purga/mantenimiento
L-03	Ø32 mm	0,11 L/s	0,14 m/s	Baja, requiere purga/mantenimiento
L-04	Ø25 mm	0,05 L/s	0,10 m/s	Baja, ramal de baja demanda
L-05	Ø50 mm	0,36 L/s	0,18 m/s	Baja, aceptable en red rural
L-06	Ø32 mm	0,12 L/s	0,15 m/s	Baja, requiere purga/mantenimiento
L-07	Ø40 mm	0,14 L/s	0,11 m/s	Baja, ramal de baja demanda

Las velocidades estimadas se encuentran por debajo del rango mínimo recomendado de **0,30 m/s** en algunos tramos; sin embargo, esta condición es común en sistemas rurales de baja demanda y redes ramificadas con consumos pequeños. Para mitigar posibles acumulaciones de sedimentos o aire, se recomienda instalar purgas en puntos bajos y programar lavados periódicos de la red.

10.7 Pérdidas de carga por tramo

Las pérdidas de carga se estiman mediante la ecuación de Hazen-Williams, adoptando un coeficiente **C = 140** para tuberías nuevas en PEAD o PVC presión.

Tramo	Longitud	Diámetro	Caudal	Pérdida de carga estimada
L-01	395,85 m	Ø50 mm	0,50 L/s	0,97 m
L-02	72,82 m	Ø32 mm	0,16 L/s	0,23 m

Tramo	Longitud	Diámetro	Caudal	Pérdida de carga estimada
L-03	94,25 m	Ø32 mm	0,11 L/s	0,15 m
L-04	35,82 m	Ø25 mm	0,05 L/s	0,04 m
L-05	270,11 m	Ø50 mm	0,36 L/s	0,35 m
L-06	125,71 m	Ø32 mm	0,12 L/s	0,23 m
L-07	166,62 m	Ø40 mm	0,14 L/s	0,16 m

Las pérdidas por fricción son bajas en todos los tramos, lo cual indica que los diámetros adoptados son hidráulicamente suficientes para transportar los caudales asignados. La pérdida mayor se presenta en el tramo **L-01**, debido a su mayor longitud y caudal transportado.

10.8 Presiones estimadas en los nodos

La verificación de presión permite evaluar si la red puede entregar el servicio a los usuarios con una carga suficiente. Para el modelo se obtuvieron presiones aproximadas entre **9,50 m.c.a. y 11,32 m.c.a.**, valores aceptables para un sistema rural por gravedad.

Nodo	Sector	Presión estimada	Condición
N-05	Oriente alto	9,77 m.c.a.	Aceptable
N-06	Oriente bajo	9,50 m.c.a.	Aceptable, punto de control
N-07	Centro oriente	11,32 m.c.a.	Favorable
N-08	Suroriente	10,73 m.c.a.	Favorable
N-10	Sur	11,14 m.c.a.	Favorable
N-11	Suroccidente	10,90 m.c.a.	Favorable
N-12	Nororiente	10,07 m.c.a.	Favorable

El nodo con menor presión estimada corresponde al sector **oriente bajo**, con aproximadamente **9,50 m.c.a.** Aunque este valor se encuentra ligeramente por debajo de 10 m.c.a., se considera aceptable para un sistema rural, siempre que se garantice continuidad y adecuada operación del tanque.

10.9 Verificación de presiones

La presión mínima deseable adoptada para el sistema corresponde a **10 m.c.a.**, aceptándose valores cercanos entre **8 y 10 m.c.a.** en sistemas rurales, cuando se garantiza continuidad y operación estable.

Parámetro	Valor
Presión mínima deseable	10 m.c.a.
Presión mínima estimada	9,50 m.c.a.
Presión máxima estimada	11,32 m.c.a.
Rango de presión obtenido	9,50 a 11,32 m.c.a.
Condición general	Aceptable

La red presenta un rango de presión relativamente uniforme, lo cual favorece la operación hidráulica del sistema. No se identifican sobrepresiones críticas dentro del escenario modelado.

10.10 Análisis de puntos críticos

A partir de los resultados obtenidos, se identifican los siguientes puntos de atención hidráulica:

Punto o tramo	Condición observada	Recomendación
N-06 - Oriente bajo	Menor presión estimada	Verificar cota definitiva y continuidad del servicio
L-01 - Ramal nororiental	Mayor pérdida de carga relativa	Mantener diámetro Ø50 mm
L-04 - Derivación central	Baja velocidad	Instalar purga o prever lavado periódico
L-07 - Ramal suroriental	Baja velocidad	Instalar purga y controlar sedimentación
Ramales finales	Bajo caudal y baja velocidad	Realizar mantenimiento preventivo
Puntos altos	Posible acumulación de aire	Instalar ventosas donde aplique
Puntos bajos	Posible acumulación de sedimentos	Instalar válvulas de purga

El análisis muestra que la red no presenta problemas críticos de pérdida de carga o sobrepresión. Las principales recomendaciones se orientan al mantenimiento operativo por bajas velocidades en ramales de menor demanda.

10.11 Verificación de diámetros adoptados

Los diámetros adoptados se verifican frente a los caudales asignados y las pérdidas de carga estimadas.

Tipo de tramo	Diámetro adoptado	Resultado hidráulico
Ramal principal nororiental	Ø50 mm	Adecuado para caudal acumulado
Ramal principal sur	Ø50 mm	Adecuado para caudal acumulado
Ramal suroriental	Ø40 mm	Adecuado para demanda sectorial
Derivaciones principales	Ø32 mm	Adecuadas para sectores menores
Derivación central	Ø25 mm	Adecuada para baja demanda

La revisión indica que los diámetros adoptados permiten transportar los caudales de diseño con pérdidas controladas y presiones aceptables en los nodos de servicio.

10.12 Balance hidráulico de la red de distribución

El balance hidráulico permite verificar que la suma de las demandas asignadas a los nodos de servicio corresponde al caudal total de diseño.

Concepto	Valor
Caudal total de diseño	1,00 L/s
Suma de demandas asignadas	1,00 L/s
Diferencia	0,00 L/s
Condición	Balanceado

El modelo se encuentra balanceado hidráulicamente, debido a que la totalidad del caudal de diseño se distribuye entre los nodos de servicio definidos.

10.13 Síntesis de resultados hidráulicos de la red

A continuación, se presenta la síntesis de los principales resultados hidráulicos obtenidos para la red de distribución:

Parámetro	Resultado
Longitud total de red de distribución	1.161,18 m
Caudal total distribuido	1,00 L/s
Número de tramos de distribución	7
Número de nodos de servicio	7

Parámetro	Resultado
Diámetros modelados	Ø25 mm a Ø50 mm
Presión mínima estimada	9,50 m.c.a.
Presión máxima estimada	11,32 m.c.a.
Pérdida máxima por tramo	0,97 m
Tramo con mayor pérdida	L-01
Condición hidráulica general	Aceptable

10.14 Conclusión del capítulo

Los resultados hidráulicos de la red de distribución muestran que el sistema modelado tiene capacidad para distribuir el caudal de diseño de **1,00 L/s** hacia los sectores de servicio definidos en el Centro Poblado de San Carlos del Guavio.

La red presenta una longitud aproximada de **1.161,18 m**, distribuida en siete tramos principales y derivaciones, con diámetros entre **Ø25 mm y Ø50 mm**. Las pérdidas de carga estimadas son bajas, con un valor máximo aproximado de **0,97 m** en el tramo **L-01**, correspondiente al ramal principal nororiental.

Las presiones estimadas en los nodos de servicio se encuentran entre **9,50 m.c.a. y 11,32 m.c.a.**, rango considerado aceptable para un sistema rural por gravedad. El nodo con menor presión corresponde al sector oriente bajo, por lo cual se recomienda verificar su cota definitiva durante la ejecución y garantizar adecuada operación del tanque.

Las velocidades en algunos tramos son bajas debido al reducido caudal de diseño y a la naturaleza rural del sistema. Esta condición no compromete la capacidad hidráulica de la red, pero sí requiere la instalación de purgas, lavado periódico y mantenimiento preventivo para evitar acumulación de sedimentos.

En conclusión, la red de distribución modelada cumple hidráulicamente con los requerimientos del sistema, siempre que se garantice su instalación técnica, la protección de tuberías, la operación adecuada del tanque, la incorporación de válvulas, purgas y ventosas, y el mantenimiento periódico de la infraestructura.

11. DISEÑO Y VERIFICACIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

El tanque de almacenamiento constituye un componente fundamental dentro del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio, debido a que permite regular las variaciones de consumo, garantizar disponibilidad de agua para los usuarios, estabilizar la operación de la red de distribución y facilitar la continuidad del servicio.

Dentro del sistema proyectado, el tanque cumple la función de recibir el agua proveniente de la captación y de la planta de tratamiento de agua potable, almacenarla en condiciones sanitarias adecuadas y distribuirla posteriormente hacia los diferentes ramales de la red por gravedad.

11.1 Función hidráulica del tanque

El tanque de almacenamiento tiene las siguientes funciones dentro del sistema:

Función	Descripción
Regulación de caudal	Compensa las variaciones entre producción y consumo
Continuidad del servicio	Permite disponer de agua durante periodos de mayor demanda
Estabilización hidráulica	Sirve como punto regulador de presiones para la red
Almacenamiento operativo	Facilita operación, lavado y mantenimiento del sistema
Seguridad sanitaria	Permite conservar el agua tratada en condiciones protegidas
Distribución por gravedad	Alimenta la red hacia los usuarios

El tanque no debe analizarse únicamente por su volumen geométrico, sino por su capacidad efectiva para garantizar regulación, continuidad, presión, estanqueidad, facilidad de mantenimiento y protección sanitaria del agua almacenada.

11.2 Condición del tanque existente

De acuerdo con el diagnóstico del sistema existente, el acueducto cuenta con un tanque de almacenamiento y distribución que recibe el agua proveniente de la captación. Durante la inspección se identificó que la estructura se encuentra en regular estado de conservación y presenta filtraciones, condición que afecta su eficiencia hidráulica, su durabilidad y su seguridad sanitaria.

Las dimensiones aproximadas del tanque existente son las siguientes:

Parámetro	Valor
Largo	3,44 m
Ancho	2,44 m
Altura	2,55 m
Espesor de muro	0,18 m
Volumen geométrico aproximado	21,40 m^3
Estado físico	Regular

Parámetro	Valor
Condición crítica	Presencia de filtraciones

El volumen geométrico se obtiene mediante la expresión:

[
V = L \times A \times H
]

Donde:

Variable	Descripción	Valor
V	Volumen geométrico	m^3
L	Largo	3,44 m
A	Ancho	2,44 m
H	Altura	2,55 m

Aplicando la expresión:

[
V = 3,44 \times 2,44 \times 2,55
]

[
V = 21,40 \text{ m}^3
]

Aunque el volumen geométrico del tanque existente es cercano al volumen requerido para el sistema, su estado físico y la presencia de filtraciones obligan a realizar una evaluación técnica integral para definir si procede su rehabilitación o si se requiere construir una nueva estructura.

11.3 Volumen de almacenamiento requerido

Para el presente diseño hidráulico se adopta un volumen de almacenamiento de aproximadamente **21,56 m^3**, coherente con la demanda futura del sistema, la capacidad de la planta de tratamiento de agua potable y las necesidades de regulación de un acueducto rural de pequeña escala.

Parámetro	Valor
Demanda futura diaria	40,26 m^3/día

Parámetro	Valor
Caudal de diseño	1,00 L/s
Capacidad PTAP	1,00 L/s
Volumen de almacenamiento requerido	21,56 m³

El volumen de **21,56 m³** permite contar con una capacidad de regulación suficiente para atender la demanda de la población beneficiaria, incluyendo usuarios permanentes, usuarios esporádicos, población institucional y consumos complementarios.

11.4 Comparación entre volumen existente y volumen requerido

La comparación entre el volumen del tanque existente y el volumen requerido permite establecer si, desde el punto de vista hidráulico, la capacidad geométrica es suficiente.

Concepto	Volumen
Volumen geométrico tanque existente	21,40 m³
Volumen requerido adoptado	21,56 m³
Diferencia	0,16 m³
Diferencia porcentual	0,74 %
Condición volumétrica	Cercana al requerimiento

La diferencia entre el volumen existente y el volumen requerido es de aproximadamente **0,16 m³**, equivalente al **0,74 %**. Desde el punto de vista puramente volumétrico, el tanque existente presenta una capacidad muy cercana al volumen requerido.

Sin embargo, esta comparación no es suficiente para concluir que el tanque puede mantenerse en operación, debido a que deben considerarse las filtraciones, el volumen útil real, el borde libre, la ubicación de entrada y salida, el estado estructural, la impermeabilización, las condiciones sanitarias y la facilidad de mantenimiento.

11.5 Volumen útil del tanque

El volumen útil corresponde al volumen realmente disponible para almacenamiento y regulación del sistema. Este valor puede ser menor que el volumen geométrico debido a varios factores:

Factor	Efecto sobre el volumen útil
Borde libre	Reduce la altura efectiva de almacenamiento

Factor	Efecto sobre el volumen útil
Cota de salida	Puede dejar volumen no aprovechable
Sedimentos acumulados	Reducen capacidad interna
Filtraciones	Disminuyen almacenamiento efectivo
Rebose mal ubicado	Limita el nivel máximo operativo
Desagüe o accesorios	Pueden afectar operación del tanque

Por lo anterior, aunque el volumen geométrico sea de aproximadamente **21,40 m³**, el volumen útil real puede ser inferior. Se recomienda verificar en campo los niveles de entrada, salida, rebose y desagüe para determinar la capacidad efectiva de almacenamiento.

11.6 Verificación frente a la demanda diaria

El volumen requerido de **21,56 m³** se compara con la demanda futura diaria de **40,26 m³/día**, con el fin de establecer la proporción de almacenamiento disponible respecto al consumo diario.

$$
\text{Relación de almacenamiento} = \frac{V_{tanque}}{D_{diaria}} \times 100
$$

Parámetro	Valor
Volumen tanque requerido	21,56 m³
Demanda futura diaria	40,26 m³/día
Relación almacenamiento / demanda diaria	53,55 %

El volumen adoptado representa aproximadamente el **53,55 %** de la demanda futura diaria del sistema. Esta relación es favorable para un sistema rural de pequeña escala, debido a que permite contar con capacidad de regulación y reserva operativa ante variaciones de consumo o interrupciones cortas en la captación, conducción o tratamiento.

11.7 Tiempo de autonomía del tanque

El tiempo de autonomía se calcula como el tiempo durante el cual el tanque podría abastecer la demanda media diaria del sistema sin ingreso de agua adicional.

La expresión utilizada es:

$$
T = \frac{V}{Q_{md}}
$$

Donde:

Variable	Descripción	Valor
T	Tiempo de autonomía	horas
V	Volumen de almacenamiento	21,56 m^3
Qmd	Caudal medio diario	0,466 L/s

Primero se convierte el volumen a litros:

$$
21,56 \text{ m}^3 = 21.560 \text{ L}
$$

Luego se calcula el tiempo:

$$
T = \frac{21.560}{0,466}
$$

$$
T = 46.266 \text{ s}
$$

$$
T = 12,85 \text{ horas}
$$

El tanque proyectado permite una autonomía aproximada de **12,85 horas** frente al caudal medio diario del sistema. Este valor es adecuado como almacenamiento operativo para el acueducto veredal.

11.8 Verificación frente al caudal de diseño

Si el tanque se evaluara frente al caudal de diseño de **1,00 L/s**, el tiempo de vaciado teórico sería:

$$
T = \frac{21.560}{1,00}
$$

$$
T = 21.560 \text{ s}
$$

$$
T = 5,99 \text{ horas}
$$

Escenario	Caudal considerado	Tiempo de autonomía
Demanda media diaria	0,466 L/s	12,85 horas
Caudal de diseño	1,00 L/s	5,99 horas

El escenario de **1,00 L/s** representa una condición de máxima exigencia hidráulica, mientras que el caudal medio diario representa el consumo promedio esperado. En ambos casos, el tanque proporciona una capacidad de regulación útil para el sistema.

11.9 Relación con la planta de tratamiento

La planta de tratamiento de agua potable se proyecta con capacidad de **1,00 L/s**, igual al caudal de diseño adoptado para el sistema. Esta capacidad permite llenar el tanque bajo condiciones controladas.

El tiempo teórico de llenado del tanque con una PTAP de **1,00 L/s** se calcula así:

$$
T_{llenado} = \frac{21.560}{1,00}
$$

$$
T_{llenado} = 21.560 \text{ s}
$$

$$
T_{llenado} = 5,99 \text{ horas}
$$

Parámetro	Valor
Volumen tanque	21,56 m³
Capacidad PTAP	1,00 L/s
Tiempo teórico de llenado	5,99 horas

Este resultado indica que la planta de tratamiento tiene capacidad suficiente para llenar el volumen de almacenamiento adoptado en un tiempo aproximado de **6 horas**, bajo operación continua y sin consumo simultáneo.

11.10 Criterios hidráulicos y sanitarios del tanque

El tanque de almacenamiento debe cumplir condiciones hidráulicas, sanitarias y operativas que garanticen el adecuado funcionamiento del sistema.

Elemento	Criterio requerido
Entrada	Debe permitir ingreso controlado del agua tratada
Salida	Debe alimentar la red sin arrastre de sedimentos
Rebose	Debe evacuar excedentes de forma segura
Desagüe	Debe permitir vaciado total para lavado
Ventilación	Debe contar con protección sanitaria
Tapa de acceso	Debe ser segura y hermética
Impermeabilización	Debe garantizar estanqueidad
Cerramiento	Debe impedir ingreso de animales o personas no autorizadas
Lavado	Debe permitir mantenimiento periódico
Protección sanitaria	Debe evitar ingreso de contaminantes

Estos criterios son especialmente importantes debido a que el sistema abastece usuarios residenciales y población escolar.

11.11 Alternativas de intervención del tanque

Considerando que el tanque existente presenta un volumen cercano al requerido, pero tiene filtraciones, se plantean dos alternativas técnicas principales:

Alternativa	Descripción	Aplicación
Alternativa 1: Rehabilitación del tanque existente	Reparación de fisuras, impermeabilización, adecuación sanitaria, cambio de accesorios, tapa, rebose, desagüe y cerramiento	Aplica si la evaluación estructural confirma estabilidad y vida útil remanente
Alternativa 2: Construcción de	Construcción de una nueva estructura con volumen útil de 21,56 m³, accesorios	Aplica si el tanque existente no garantiza estanqueidad,

Alternativa	Descripción	Aplicación
tanque nuevo	completos y condiciones sanitarias adecuadas	seguridad estructural o condiciones sanitarias

La decisión final debe sustentarse en la evaluación estructural, sanitaria e hidráulica del tanque existente. Desde el punto de vista hidráulico, el volumen existente es cercano al requerido, pero la presencia de filtraciones representa una deficiencia que debe corregirse obligatoriamente.

11.12 Accesorios mínimos requeridos

El tanque debe contar como mínimo con los siguientes accesorios hidráulicos y sanitarios:

Accesorio	Función
Tubería de entrada	Recibir agua tratada desde la PTAP
Tubería de salida	Alimentar la red de distribución
Válvula de entrada	Controlar ingreso al tanque
Válvula de salida	Controlar suministro a la red
Rebose	Evacuar exceso de agua
Desagüe de fondo	Permitir lavado y vaciado
Ventilación protegida	Evitar presión negativa e ingreso de contaminantes
Tapa sanitaria	Permitir inspección y evitar contaminación
Medición de nivel	Facilitar operación
Cerramiento perimetral	Proteger la infraestructura

La incorporación de estos accesorios permite mejorar la operación, facilitar el mantenimiento y reducir riesgos sanitarios.

11.13 Verificación hidráulica del tanque

A continuación, se presenta la verificación hidráulica general del tanque adoptado:

Parámetro	Resultado	Condición
Volumen requerido	21,56 m^3	Adoptado
Volumen existente aproximado	21,40 m^3	Cercano

Parámetro	Resultado	Condición
Diferencia volumétrica	0,16 m³	Mínima
Relación almacenamiento / demanda diaria	53,55 %	Favorable
Autonomía con Qmd	12,85 horas	Adecuada
Autonomía con Q diseño	5,99 horas	Aceptable
Tiempo de llenado con PTAP 1,00 L/s	5,99 horas	Adecuado
Condición física existente	Filtraciones	Requiere intervención
Recomendación	Rehabilitar integralmente o construir nuevo tanque	Necesaria

La verificación hidráulica demuestra que el volumen adoptado es suficiente para la operación del sistema. No obstante, la condición física del tanque existente exige intervención para garantizar estanqueidad, durabilidad y protección sanitaria.

11.14 Conclusión del capítulo

El análisis hidráulico del tanque de almacenamiento permite concluir que el volumen requerido para el sistema corresponde a aproximadamente **21,56 m³**, valor suficiente para regular la demanda del acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio.

El tanque existente presenta un volumen geométrico aproximado de **21,40 m³**, muy cercano al volumen requerido; sin embargo, su estado físico es regular y presenta filtraciones, condición que afecta su volumen útil, su eficiencia hidráulica, su durabilidad y sus condiciones sanitarias.

Desde el punto de vista hidráulico, el volumen adoptado permite cubrir aproximadamente el **53,55 %** de la demanda futura diaria, ofrece una autonomía aproximada de **12,85 horas** frente al caudal medio diario y puede ser llenado teóricamente en aproximadamente **5,99 horas** con una PTAP de **1,00 L/s**.

En consecuencia, se considera que el volumen de almacenamiento propuesto es adecuado para el sistema. No obstante, se recomienda realizar una intervención integral del tanque, bien sea mediante rehabilitación, impermeabilización, adecuación sanitaria y reposición de accesorios, o mediante la construcción de una nueva estructura, dependiendo de la evaluación estructural y sanitaria definitiva.

El tanque deberá contar con entrada, salida, rebose, desagüe, ventilación protegida, tapa sanitaria, válvulas de control, cerramiento y condiciones de estanqueidad que garanticen la conservación del agua tratada y la operación segura del sistema.

12. ELEMENTOS HIDRÁULICOS COMPLEMENTARIOS

Los elementos hidráulicos complementarios son necesarios para garantizar la adecuada operación, mantenimiento, control y protección del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio. Estos elementos permiten sectorizar la red, controlar el flujo, evacuar aire, realizar limpieza de tuberías, proteger la conducción en puntos críticos y reducir el riesgo de fallas operativas.

El diagnóstico del sistema existente evidenció deficiencias asociadas a conducción superficial, exposición al paso de ganado, desacoples, baja continuidad, baja presión, ausencia de control hidráulico y operación comunitaria reactiva. Por tanto, el diseño hidráulico debe incorporar accesorios y estructuras complementarias que permitan mejorar la confiabilidad del sistema y facilitar su mantenimiento.

12.1 Criterio general para la incorporación de accesorios

La incorporación de accesorios hidráulicos se define en función del trazado, la topografía, los cambios de dirección, los puntos altos, puntos bajos, cruces de vía, sectores de distribución y condiciones de operación de la red. Estos elementos deben quedar localizados en el plano hidráulico y especificados en las memorias de diseño.

Condición del sistema	Elemento requerido	Función principal
Inicio y final de conducción	Válvulas de cierre	Aislar tramos para operación o reparación
Puntos altos	Ventosas	Evacuar aire acumulado
Puntos bajos	Válvulas de purga	Evacuar sedimentos y permitir lavado
Cambios de dirección	Anclajes	Controlar esfuerzos y evitar desplazamientos
Cruces de vía	Protección mecánica	Evitar daños por cargas externas
Ramales principales	Válvulas de sectorización	Permitir mantenimiento por sectores
Salida del tanque	Válvula de control y macromedición	Regular y medir el caudal suministrado
Entrada a PTAP	Válvula de control	Regular caudal de tratamiento

12.2 Válvulas de cierre y sectorización

Las válvulas de cierre permiten controlar el paso del agua en puntos estratégicos del sistema, aislar tramos durante mantenimiento, atender reparaciones sin suspender todo el servicio y facilitar la operación sectorizada de la red.

Se recomienda instalar válvulas de cierre en los siguientes puntos:

Ubicación recomendada	Función
Salida de la bocatoma	Controlar el inicio de la conducción
Entrada a la PTAP	Regular el caudal de ingreso al tratamiento
Salida de la PTAP	Controlar el caudal hacia el tanque
Entrada al tanque	Permitir cierre para mantenimiento
Salida del tanque	Controlar alimentación de la red
Inicio de ramales principales	Sectorizar la distribución
Derivaciones secundarias	Aislar ramales menores
Antes y después de cruces críticos	Facilitar reparación en puntos vulnerables

Las válvulas deberán instalarse en cámaras de protección, con tapa segura, facilidad de acceso y espacio suficiente para maniobra y mantenimiento.

12.3 Válvulas de purga

Las válvulas de purga se requieren en los puntos bajos de la conducción y de la red de distribución, con el fin de evacuar sedimentos, remover material acumulado y permitir el lavado periódico de las tuberías.

En sistemas rurales con bajos caudales y velocidades reducidas, como el presente caso, las purgas adquieren especial importancia, debido a que algunos ramales presentan velocidades bajas por la naturaleza del consumo y la baja demanda sectorial.

Ubicación recomendada	Función
Puntos bajos de la conducción principal	Evacuar sedimentos acumulados
Finales de ramales	Permitir lavado de tubería
Derivaciones con baja velocidad	Reducir acumulación de sólidos
Sectores alejados del tanque	Facilitar limpieza periódica

Ubicación recomendada	Función
Tramos con pendiente descendente prolongada	Controlar depósito de partículas

Las purgas deberán descargarse hacia sitios seguros, evitando erosión, afectación de predios, contaminación o generación de encharcamientos.

12.4 Ventosas

Las ventosas permiten evacuar el aire atrapado dentro de la conducción y red de distribución, así como admitir aire durante procesos de vaciado, cierre de válvulas o variaciones de presión. Su instalación es necesaria en puntos altos del trazado, cambios importantes de pendiente y tramos donde pueda acumularse aire.

Ubicación recomendada	Función
Puntos altos de la conducción	Evacuar aire atrapado
Cambios de pendiente ascendente-descendente	Evitar bolsas de aire
Tramos largos de conducción	Mejorar continuidad hidráulica
Antes de descensos pronunciados	Evitar interrupciones por aire
Puntos altos de ramales principales	Facilitar operación estable

La ausencia de ventosas puede generar reducción de sección útil, pérdida de capacidad hidráulica, golpes de ariete, interrupciones del flujo y disminución de presión en los usuarios.

12.5 Anclajes hidráulicos

Los anclajes se requieren en puntos donde la tubería cambia de dirección, pendiente, diámetro o donde se presentan esfuerzos hidráulicos que puedan generar desplazamientos. Son especialmente necesarios en conducciones enterradas a presión, cruces, curvas, tees, codos, reducciones y válvulas.

Punto de instalación	Justificación
Cambios de dirección	Controlar empujes hidráulicos
Codos y tees	Evitar desplazamiento de accesorios
Reducciones de diámetro	Controlar esfuerzos por cambio de sección
Válvulas	Resistir esfuerzos durante cierre o apertura
Tramos en pendiente fuerte	Estabilizar la tubería

Punto de instalación	Justificación
Cruces de vía o cauce	Evitar movimiento por cargas externas
Salida de tanque	Proteger conexiones principales

Los anclajes deberán construirse en concreto, dimensionados de acuerdo con el diámetro, presión de trabajo, tipo de accesorio, condición del suelo y dirección del empuje.

12.6 Protección en cruces de vía

El diagnóstico identificó que la conducción atraviesa una vía antes de conectarse al tanque de distribución. Por tanto, el diseño debe contemplar protección especial en los cruces viales, con el fin de evitar daños por cargas externas, tránsito, asentamientos o excavaciones futuras.

Elemento de protección	Criterio
Profundidad adecuada	Garantizar recubrimiento mínimo frente a cargas
Camisa de protección	Proteger tubería en zona de tránsito
Cama de apoyo	Evitar punzonamiento o deformaciones
Relleno seleccionado	Proteger la tubería y mejorar confinamiento
Señalización	Identificar presencia de red enterrada
Cámaras de inspección	Facilitar mantenimiento en extremos del cruce
Válvulas cercanas	Permitir aislamiento del cruce en caso de daño

La protección del cruce vial es prioritaria debido a que una falla en este punto puede afectar la continuidad del sistema completo.

12.7 Cámaras de válvulas

Las cámaras de válvulas permiten alojar y proteger accesorios de operación, facilitando su acceso para maniobra, inspección y mantenimiento. Deberán ubicarse en puntos estratégicos de la conducción, entrada y salida de tanque, inicio de ramales y derivaciones principales.

Cámara	Ubicación	Elemento protegido
Cámara de control de captación	Salida de bocatoma	Válvula de cierre
Cámara de entrada PTAP	Antes de PTAP	Válvula de regulación
Cámara de salida PTAP	Después de PTAP	Válvula de control

Cámara	Ubicación	Elemento protegido
Cámara de entrada tanque	Entrada del tanque	Válvula de ingreso
Cámara de salida tanque	Salida del tanque	Válvula de distribución
Cámaras de sectorización	Inicio de ramales	Válvulas de cierre
Cámaras de purga	Puntos bajos	Válvulas de purga
Cámaras de ventosa	Puntos altos	Ventosas

Las cámaras deberán ser de dimensiones suficientes para permitir el mantenimiento, con tapas resistentes, drenaje, estabilidad y protección frente al ingreso de aguas superficiales.

12.8 Macromedición

Se recomienda instalar un sistema de macromedición en la salida de la PTAP o en la salida del tanque, con el fin de controlar el caudal producido y distribuido al sistema. Este elemento permite mejorar la operación, estimar pérdidas, controlar consumos y apoyar la sostenibilidad administrativa del acueducto.

Ubicación recomendada	Función
Salida de PTAP	Medir caudal tratado
Salida del tanque	Medir caudal distribuido
Entrada a red principal	Controlar producción entregada al sistema

La macromedición es importante considerando que el sistema actualmente no cuenta con operación formal, facturación ni control técnico permanente. Su implementación permitirá contar con registros básicos para el seguimiento del sistema.

12.9 Protección sanitaria de captación y tanque

Además de los accesorios hidráulicos, el diseño debe incluir elementos de protección sanitaria en la captación, PTAP y tanque de almacenamiento, debido a que el sistema actualmente no cuenta con tratamiento ni condiciones suficientes de protección de la infraestructura.

Componente	Elementos requeridos
Captación	Rejilla, protección del ingreso, control de sólidos, cerramiento
Área de nacimiento	Protección frente a animales, erosión y contaminación
PTAP	Control de ingreso, salida, lavado y desinfección

Componente	Elementos requeridos
Tanque	Tapa sanitaria, ventilación protegida, rebose, desagüe
Red	Tubería enterrada, uniones seguras y control de fugas

La protección sanitaria es indispensable para garantizar que la optimización hidráulica también se traduzca en mejoramiento de la calidad del agua suministrada.

12.10 Ubicación conceptual de accesorios por tramo

A partir del modelo hidráulico adoptado, se propone la siguiente ubicación conceptual de accesorios:

Tramo	Descripción	Accesorios recomendados
L-00	Conducción bocatoma - PTAP/tanque	Válvula de cierre, ventosas, purgas, anclajes y protección en cruce
L-01	Ramal principal nororiental	Válvula de sectorización, purgas y ventosa si aplica
L-02	Derivación nororiental	Válvula de cierre y purga final
L-03	Derivación oriental	Válvula de cierre y purga final
L-04	Derivación central	Válvula de cierre y purga final
L-05	Ramal principal sur	Válvula de sectorización, purgas y ventosa si aplica
L-06	Derivación suroccidental	Válvula de cierre y purga final
L-07	Ramal suroriental	Válvula de cierre, purga y ventosa si la topografía lo requiere

La localización definitiva de cada accesorio deberá ajustarse con base en el perfil topográfico, identificando con precisión los puntos altos, puntos bajos, cambios de dirección y cruces.

12.11 Cuadro resumen de elementos complementarios

Elemento	Función	Ubicación principal	Importancia
Válvula de cierre	Aislar tramos	Bocatoma, PTAP, tanque y ramales	Alta
Válvula de purga	Lavar tuberías	Puntos bajos y finales de ramal	Alta
Ventosa	Evacuar aire	Puntos altos	Alta
Anclajes	Estabilizar tubería	Cambios de dirección y accesorios	Alta
Cámara de válvula	Proteger accesorios	Puntos de operación	Alta

Elemento	Función	Ubicación principal	Importancia
Protección cruce vial	Evitar daños por cargas	Cruce de vía	Alta
Macromedidor	Controlar caudal	Salida PTAP o tanque	Media-alta
Cerramiento sanitario	Proteger infraestructura	Captación y tanque	Alta
Rejilla de captación	Retener sólidos	Bocatoma	Alta
Desagüe de tanque	Facilitar lavado	Fondo del tanque	Alta

12.12 Consideraciones de operación y mantenimiento

La correcta instalación de accesorios debe complementarse con rutinas de operación y mantenimiento. Sin estas rutinas, los elementos hidráulicos pueden perder funcionalidad o no cumplir su propósito.

Actividad	Frecuencia recomendada	Responsable
Revisión de válvulas de cierre	Mensual	Operador o fontanero comunitario
Apertura de purgas para lavado	Mensual o después de eventos de turbiedad	Operador
Verificación de ventosas	Mensual	Operador
Revisión de cámaras	Mensual	Operador
Inspección de cruces de vía	Trimestral o después de lluvias fuertes	Operador
Revisión de anclajes visibles	Semestral	Operador
Limpieza de captación	Semanal o después de lluvias	Operador/comunidad
Lavado de tanque	Según protocolo sanitario	Operador
Registro de caudal macromedido	Semanal o mensual	Operador/administración

Estas actividades deben ser incluidas dentro del manual básico de operación y mantenimiento del sistema.

12.13 Conclusión del capítulo

Los elementos hidráulicos complementarios son indispensables para garantizar el funcionamiento adecuado, seguro y sostenible del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio. Su incorporación permite corregir deficiencias asociadas a la conducción expuesta, desacoples, baja continuidad, ausencia de control hidráulico y mantenimiento reactivo.

El diseño debe incluir válvulas de cierre para sectorización, válvulas de purga en puntos bajos y finales de ramal, ventosas en puntos altos, anclajes en cambios de dirección, cámaras de protección, macromedición, protección en cruces viales y elementos de protección sanitaria en captación y tanque.

La localización definitiva de estos accesorios deberá realizarse con base en el plano hidráulico y el perfil topográfico, identificando puntos altos, puntos bajos, cruces, cambios de dirección y sectores de operación. Así mismo, su efectividad dependerá de la implementación de rutinas periódicas de inspección, limpieza, lavado, medición y mantenimiento.

En consecuencia, los accesorios hidráulicos complementarios no son elementos secundarios, sino componentes esenciales para garantizar continuidad, presión, control, facilidad de operación, protección sanitaria y vida útil del sistema.

13. EVALUACIÓN DE OPERACIÓN DEL SISTEMA

La evaluación de operación del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio permite establecer las condiciones bajo las cuales deberá funcionar la infraestructura optimizada, integrando los componentes de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento, distribución, control hidráulico y mantenimiento.

El diseño hidráulico no debe entenderse únicamente como el dimensionamiento de tuberías, diámetros y caudales, sino como la definición de un sistema funcional, operable y sostenible en el tiempo. Por esta razón, la operación del sistema debe considerar rutinas de inspección, limpieza, control de caudales, manejo de válvulas, mantenimiento de accesorios, lavado de estructuras, seguimiento de presiones y control de calidad del agua.

13.1 Condición operativa actual

De acuerdo con el diagnóstico del sistema existente, el acueducto opera actualmente bajo un esquema comunitario informal, sin operador permanente, sin facturación formal, sin control sistemático de caudales, sin registros de presión y sin un plan de mantenimiento preventivo.

Las labores de operación y mantenimiento son atendidas por la comunidad mediante aportes de jornales cuando se presentan daños, taponamientos, desacoples o fallas en la red. Aunque esta práctica evidencia apropiación comunitaria, no garantiza una operación técnica permanente ni permite anticipar fallas antes de que afecten la continuidad del servicio.

Aspecto operativo	Condición actual	Efecto sobre el sistema
Operador	No existe operador formal permanente	Falta de control técnico diario
Mantenimiento	Comunitario y reactivo	Se atienden fallas después de ocurridas
Captación	Se tapa con frecuencia	Baja continuidad del servicio
Conducción	Tubería expuesta y vulnerable	Desacoples, fugas y suspensión del servicio
Tanque	Regular estado y filtraciones	Pérdida de agua y riesgo sanitario
Tratamiento	No existe PTAP	No se garantiza agua potable
Control hidráulico	Sin registros de presión o caudal	Dificultad para evaluar eficiencia
Facturación	No existe recaudo formal	Baja sostenibilidad financiera

La operación actual ha permitido mantener el abastecimiento básico de la comunidad, pero presenta limitaciones importantes frente a continuidad, presión, calidad del agua, mantenimiento preventivo y sostenibilidad técnica.

13.2 Esquema operativo propuesto

Con la optimización del sistema, la operación deberá organizarse a partir de un esquema básico que integre los componentes hidráulicos proyectados: captación mejorada, conducción protegida, PTAP de 1,00 L/s, tanque de almacenamiento de aproximadamente 21,56 m³ y red de distribución sectorizada.

El esquema operativo propuesto es el siguiente:

Captación controlada → conducción protegida → tratamiento → almacenamiento → distribución por gravedad → control y mantenimiento

Componente	Operación esperada
Captación	Derivación controlada de 1,00 L/s, retención de sólidos y limpieza periódica
Conducción	Transporte del caudal de diseño hacia PTAP/tanque, con tubería enterrada y protegida
PTAP	Tratamiento del agua captada para garantizar condiciones sanitarias
Tanque	Almacenamiento, regulación y distribución hacia la red
Red de	Suministro por sectores mediante ramales y derivaciones

Componente	Operación esperada
distribución	
Accesorios	Control mediante válvulas, purgas, ventosas y cámaras
Operador	Responsable de inspección, registro, limpieza y mantenimiento

Este esquema busca pasar de una operación reactiva a una operación preventiva, organizada y controlada.

13.3 Operación de la captación

La captación deberá operar como el primer punto de control hidráulico y sanitario del sistema. Su función será derivar el caudal requerido hacia la conducción, evitando el ingreso de hojas, material vegetal, sedimentos y elementos que puedan obstruir la red o afectar la calidad del agua.

Actividad	Descripción	Frecuencia recomendada
Inspección visual	Revisar ingreso de agua, rejilla, acumulación de hojas y sedimentos	Semanal
Limpieza de rejilla	Retirar material vegetal, sólidos y obstrucciones	Semanal o después de lluvias
Verificación de caudal	Confirmar que la captación entregue caudal suficiente	Mensual
Revisión de excedencias	Verificar que el caudal no captado retorne al cauce	Mensual
Control sanitario	Revisar presencia de animales o contaminación en el entorno	Mensual
Registro operativo	Anotar novedades, taponamientos o reducción de caudal	Permanente

La captación deberá contar con acceso seguro para limpieza y mantenimiento, protección sanitaria y facilidad de operación por parte del responsable comunitario.

13.4 Operación de la conducción principal

La conducción principal deberá transportar el caudal de diseño de **1,00 L/s** desde la captación hasta la infraestructura de tratamiento y almacenamiento. Su operación dependerá de una instalación adecuada, enterrada y protegida, con accesorios ubicados en puntos estratégicos.

Elemento operativo	Función
Válvula de cierre inicial	Permitir aislamiento de la conducción desde la captación
Ventosas	Evacuar aire acumulado en puntos altos
Purgas	Permitir lavado y evacuación de sedimentos en puntos bajos
Anclajes	Garantizar estabilidad en cambios de dirección
Protección de cruces	Evitar daños por cargas externas
Cámaras de inspección	Facilitar acceso a accesorios

La conducción deberá ser revisada periódicamente, especialmente en cruces, zonas de potrero, cambios de dirección, puntos altos y puntos bajos. Esto permitirá detectar fugas, asentamientos, daños por terceros o pérdida de continuidad hidráulica.

13.5 Operación de la planta de tratamiento de agua potable

La PTAP proyectada con capacidad de **1,00 L/s** deberá garantizar el tratamiento del agua captada antes de su almacenamiento y distribución. Su operación debe ser sencilla, sostenible y compatible con las capacidades comunitarias del sistema.

Actividad	Descripción	Frecuencia recomendada
Control de ingreso	Verificar caudal de entrada a la PTAP	Diario o por jornada
Limpieza de unidades	Retirar sedimentos y material retenido	Según turbiedad y operación
Control de filtración	Revisar funcionamiento de filtros	Semanal
Desinfección	Verificar dosificación y disponibilidad de insumos	Diario o por jornada
Control de calidad	Medición básica de cloro residual y turbiedad	Periódica
Registro de operación	Anotar caudales, insumos, lavado y novedades	Permanente

La operación de la PTAP deberá priorizar facilidad de mantenimiento, bajo consumo de insumos, control básico de calidad del agua y capacitación del operador o fontanero comunitario.

13.6 Operación del tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento cumple la función de regular el sistema, mantener reserva operativa y alimentar la red de distribución. Su operación deberá garantizar niveles adecuados de almacenamiento, estanqueidad, limpieza y protección sanitaria.

Actividad	Descripción	Frecuencia recomendada
Revisión de nivel	Verificar nivel de agua almacenada	Diario o por jornada
Revisión de entrada	Confirmar ingreso desde PTAP	Diario
Revisión de salida	Verificar alimentación hacia la red	Diario
Inspección de fugas	Revisar filtraciones o humedad externa	Semanal
Limpieza y lavado	Realizar lavado interno del tanque	Según protocolo sanitario
Revisión de tapa	Verificar cierre y protección sanitaria	Semanal
Revisión de rebose	Confirmar evacuación segura de excedentes	Mensual
Revisión de desagüe	Confirmar funcionamiento para lavado	Mensual

Dado que el diagnóstico identificó filtraciones en el tanque existente, la operación futura deberá iniciar únicamente después de garantizar su impermeabilización, rehabilitación o construcción de una nueva estructura con condiciones sanitarias adecuadas.

13.7 Operación de la red de distribución

La red de distribución deberá operar por gravedad desde el tanque hacia los sectores de servicio. El modelo hidráulico divide la red en ramales principales, ramal secundario y derivaciones, lo que permite organizar la operación por sectores.

Sector	Nodo asociado	Demanda asignada	Recomendación operativa
Oriente alto	N-05	0,18 L/s	Verificar presión y continuidad
Oriente bajo	N-06	0,11 L/s	Punto de control por menor presión
Centro oriente	N-07	0,05 L/s	Realizar lavado periódico
Suroriente	N-08	0,14 L/s	Revisar purgas y continuidad
Sur	N-10	0,24 L/s	Sector de mayor demanda
Suroccidente	N-11	0,12 L/s	Verificar presión en final de ramal
Nororiente	N-12	0,16 L/s	Revisar continuidad y purgas

La operación de la red debe incluir apertura y cierre controlado de válvulas, lavado de ramales mediante purgas, revisión de fugas, verificación de presiones y atención de usuarios con baja continuidad.

13.8 Control de presiones

Las presiones estimadas en el modelo se encuentran aproximadamente entre **9,50 m.c.a. y 11,32 m.c.a.**, valores aceptables para un sistema rural por gravedad. Sin embargo, durante la operación se debe realizar seguimiento, especialmente en los puntos más alejados o con menor presión.

Nodo	Sector	Presión estimada	Control recomendado
N-05	Oriente alto	9,77 m.c.a.	Verificación periódica
N-06	Oriente bajo	9,50 m.c.a.	Punto prioritario de control
N-07	Centro oriente	11,32 m.c.a.	Control general
N-08	Suroriente	10,73 m.c.a.	Control general
N-10	Sur	11,14 m.c.a.	Control general
N-11	Suroccidente	10,90 m.c.a.	Control general
N-12	Nororiente	10,07 m.c.a.	Control general

El nodo **N-06** debe considerarse como punto de control operativo, ya que presenta la menor presión estimada dentro del modelo.

13.9 Control de velocidades y lavado de red

Los resultados hidráulicos muestran velocidades bajas en varios tramos, condición común en redes rurales de baja demanda. Esta situación no impide el funcionamiento del sistema, pero sí exige implementar rutinas de lavado mediante purgas.

Tramo	Velocidad estimada	Condición	Medida operativa
L-01	0,25 m/s	Baja	Lavado periódico
L-02	0,20 m/s	Baja	Purga en final de ramal
L-03	0,14 m/s	Baja	Purga y mantenimiento
L-04	0,10 m/s	Baja	Lavado frecuente
L-05	0,18 m/s	Baja	Lavado periódico
L-06	0,15 m/s	Baja	Purga en final de ramal

Tramo	Velocidad estimada	Condición	Medida operativa
L-07	0,11 m/s	Baja	Purga y control de sedimentos

La instalación de purgas y la programación de lavados permiten evitar acumulación de sedimentos, pérdida de calidad del agua y reducción de capacidad hidráulica.

13.10 Operación de válvulas, purgas y ventosas

Los accesorios hidráulicos deberán operar bajo rutinas claras, con el fin de mantener la red en condiciones adecuadas.

Elemento	Actividad operativa	Frecuencia
Válvulas de cierre	Abrir y cerrar para verificar funcionamiento	Mensual
Purgas	Abrir para lavado de tramos y evacuación de sedimentos	Mensual o después de eventos de turbiedad
Ventosas	Verificar funcionamiento y ausencia de obstrucción	Mensual
Cámaras	Revisar limpieza, tapa y acceso	Mensual
Macromedidor	Registrar caudal producido o distribuido	Semanal o mensual
Anclajes	Inspección visual en puntos accesibles	Semestral

Estas rutinas deben ser incorporadas dentro del manual de operación y mantenimiento del sistema.

13.11 Registro operativo del sistema

Se recomienda implementar formatos básicos de registro para llevar control del funcionamiento del acueducto. Estos registros permitirán identificar fallas repetitivas, consumos anormales, variaciones de caudal, problemas de calidad y necesidades de mantenimiento.

Registro	Información mínima
Registro de captación	Fecha, caudal observado, limpieza, obstrucciones
Registro de PTAP	Caudal tratado, insumos, limpieza, desinfección
Registro de tanque	Nivel, lavado, fugas, estado sanitario
Registro de red	Sectores con baja presión, fugas, reparaciones

Registro	Información mínima
Registro de purgas	Fecha, tramo lavado, tiempo de purga, observaciones
Registro de calidad	Cloro residual, turbiedad, novedades
Registro de mantenimiento	Actividad, responsable, materiales utilizados

Estos registros no requieren una estructura compleja, pero son fundamentales para pasar de una operación empírica a una operación organizada.

13.12 Responsable operativo del sistema

Se recomienda designar un responsable operativo o fontanero comunitario, encargado de ejecutar las actividades mínimas de inspección, limpieza, control y mantenimiento del sistema.

Función	Descripción
Inspección de captación	Revisar ingreso, rejilla, obstrucciones y caudal
Operación de válvulas	Controlar apertura, cierre y sectorización
Limpieza de estructuras	Coordinar limpieza de captación y tanque
Control de PTAP	Verificar operación básica del tratamiento
Revisión de red	Identificar fugas, baja presión o daños
Manejo de registros	Llevar formatos de operación y mantenimiento
Reporte comunitario	Informar novedades a la comunidad o administración
Control de insumos	Verificar disponibilidad de elementos para tratamiento

El fortalecimiento operativo es indispensable para garantizar que la infraestructura proyectada mantenga su funcionalidad durante la vida útil del sistema.

13.13 Sostenibilidad operativa y comunitaria

La operación del sistema debe complementarse con un esquema básico de sostenibilidad comunitaria, que permita contar con recursos mínimos para mantenimiento, compra de insumos, reparación de accesorios, reposición de elementos menores y atención de contingencias.

Aspecto	Recomendación
Organización comunitaria	Definir responsable y apoyo comunitario
Aportes o recaudo	Establecer mecanismo básico para operación

Aspecto	Recomendación
Compra de insumos	Garantizar elementos para desinfección y mantenimiento
Mantenimiento preventivo	Programar actividades mensuales
Atención de daños	Definir procedimiento de reporte y reparación
Capacitación	Formar al operador en manejo básico del sistema
Control documental	Mantener registros de operación y mantenimiento

La sostenibilidad del sistema depende tanto de la calidad de las obras como de la capacidad de la comunidad para operarlas, mantenerlas y protegerlas.

13.14 Plan básico de operación y mantenimiento

A continuación, se presenta un plan básico de operación y mantenimiento para el sistema optimizado:

Actividad	Frecuencia	Responsable	Evidencia
Limpieza de captación	Semanal o después de lluvias	Operador/comunidad	Registro de limpieza
Revisión de conducción	Mensual	Operador	Registro de inspección
Verificación de PTAP	Diario o por jornada	Operador	Registro de operación
Control de desinfección	Diario o por jornada	Operador	Registro de calidad
Revisión de nivel del tanque	Diario	Operador	Registro operativo
Lavado de tanque	Según protocolo sanitario	Operador/comunidad	Acta o registro
Apertura de purgas	Mensual	Operador	Registro de purga
Revisión de ventosas	Mensual	Operador	Registro de inspección
Revisión de válvulas	Mensual	Operador	Registro de maniobra
Control de fugas	Permanente	Operador/usuarios	Reporte de daños
Revisión de presiones	Trimestral o cuando haya quejas	Operador	Registro de presión

Actividad	Frecuencia	Responsable	Evidencia
Inspección de cruces	Trimestral o después de lluvias	Operador	Registro fotográfico

Este plan deberá ajustarse a las condiciones reales de operación, disponibilidad comunitaria y exigencias del prestador o administración local.

13.15 Conclusión del capítulo

La operación del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio debe organizarse bajo un esquema preventivo, técnico y comunitario, que permita garantizar la continuidad, presión, calidad y sostenibilidad del servicio.

El sistema existente ha operado mediante apoyo comunitario y mantenimiento reactivo; sin embargo, la optimización hidráulica requiere implementar una operación más ordenada, con responsable definido, rutinas periódicas, registros básicos, limpieza de captación, operación de PTAP, lavado de tanque, control de fugas, revisión de válvulas, purgas, ventosas y seguimiento de presiones.

El modelo hidráulico identifica sectores que requieren control operativo, especialmente aquellos con menor presión o bajas velocidades. Por esta razón, se recomienda priorizar la instalación y mantenimiento de purgas, ventosas y válvulas de sectorización, así como establecer rutinas de lavado en ramales de baja demanda.

En consecuencia, la eficiencia del sistema no dependerá únicamente del diseño y construcción de las obras, sino también de la implementación de un esquema de operación y mantenimiento que permita conservar la infraestructura, controlar el servicio y garantizar agua en condiciones adecuadas para la comunidad beneficiaria.

14. CONCLUSIONES DEL DISEÑO HIDRÁULICO

Con base en el análisis desarrollado para el sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio, municipio de San Luis de Gaceno, Boyacá, se presentan las conclusiones técnicas del diseño hidráulico, considerando la información de usuarios, la demanda de agua potable, la oferta hídrica de la fuente, la conducción principal, la red de distribución, el tanque de almacenamiento, los elementos complementarios y las condiciones de operación del sistema.

14.1 Conclusiones generales

El sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio cuenta actualmente con una infraestructura básica de captación, conducción, almacenamiento y distribución; sin embargo, presenta deficiencias técnicas, hidráulicas, sanitarias y operativas que justifican la necesidad de optimización integral.

El diagnóstico del sistema existente permitió identificar que la captación actual es vulnerable a taponamientos, la conducción se encuentra en varios tramos superficial y expuesta al paso de ganado, el tanque presenta filtraciones, no existe planta de tratamiento de agua potable y la red presenta problemas de baja presión y baja continuidad. Estas condiciones afectan la confiabilidad del servicio y sustentan técnicamente la intervención propuesta.

El diseño hidráulico se estructuró con base en la información topográfica, el levantamiento de usuarios, el estudio hidrológico, el diagnóstico del sistema existente y el modelo hidráulico elaborado, permitiendo establecer una solución coherente con las condiciones reales del territorio y las necesidades de la comunidad.

14.2 Conclusiones sobre usuarios y demanda

El levantamiento de usuarios permitió identificar un total de **46 usuarios o predios conectados** al sistema, de los cuales **33 corresponden a usuarios permanentes** y **13 a usuarios esporádicos**. Adicionalmente, se considera dentro del análisis el Colegio Sede Palmeritas, una iglesia y tres establecimientos comerciales de pequeña escala.

La población permanente estimada corresponde a **132 habitantes**, la población esporádica máxima a **52 habitantes** y la población institucional a **36 personas**, obteniéndose una población total de referencia de **220 personas**.

Para el horizonte de diseño se adoptó una población futura de **236 habitantes**, con una demanda futura diaria de **40,26 m³/día**. A partir de esta demanda se obtuvieron los siguientes caudales:

Parámetro	Valor
Caudal medio diario, Qmd	0,466 L/s
Caudal máximo diario, QMD	0,606 L/s
Caudal máximo horario, QMH	0,970 L/s
Caudal de diseño adoptado	1,00 L/s

En consecuencia, el caudal de diseño de **1,00 L/s** es técnicamente adecuado para la verificación de la captación, conducción, planta de tratamiento, tanque de almacenamiento y red de distribución.

14.3 Conclusiones sobre la fuente abastecedora

La fuente de abastecimiento corresponde a un caño o nacimiento superficial localizado aguas arriba de la bocatoma existente. El estudio hidrológico permitió adoptar un caudal aforado promedio de **2,57 L/s**, equivalente a una oferta diaria estimada de aproximadamente **222,05 m³/día**.

Al comparar la oferta diaria estimada con la demanda futura de **40,26 m³/día**, se concluye que la fuente presenta una condición favorable para el diseño hidráulico, dado que la demanda representa aproximadamente el **18,13 %** de la oferta estimada.

Concepto	Valor
Caudal aforado promedio	2,57 L/s
Oferta diaria estimada	222,05 m³/día
Demanda futura diaria	40,26 m³/día
Relación oferta/demanda	5,52
Condición	Favorable

El caudal de diseño de **1,00 L/s** representa aproximadamente el **38,91 %** del caudal aforado, lo cual indica que existe un margen hidráulico favorable. No obstante, por tratarse de una fuente superficial de pequeña escala, se recomienda realizar un aforo complementario en época seca para confirmar el caudal mínimo disponible bajo condiciones críticas.

14.4 Conclusiones sobre la captación

La captación existente cumple parcialmente su función, pero presenta deficiencias técnicas asociadas a captación artesanal, ausencia de rejilla técnicamente diseñada, obstrucción frecuente por material vegetal, ausencia de desarenación inicial y limitada protección sanitaria.

Desde el punto de vista hidráulico, la captación debe optimizarse para derivar de manera controlada el caudal de diseño de **1,00 L/s**, permitiendo el paso de excedencias hacia el cauce natural y reduciendo el ingreso de sólidos a la conducción.

Se concluye que la bocatoma debe incluir como mínimo:

Elemento requerido	Función
Rejilla o cribado	Retener hojas y sólidos gruesos
Cámara de derivación	Controlar ingreso del caudal
Sistema de limpieza	Facilitar mantenimiento periódico
Manejo de excedencias	Retornar caudal no captado al cauce
Protección sanitaria	Evitar ingreso de contaminantes
Acceso seguro	Permitir operación comunitaria

La optimización de la captación es indispensable para mejorar la continuidad del servicio y reducir las interrupciones actualmente generadas por taponamientos.

14.5 Conclusiones sobre la conducción principal

La conducción principal se modeló como el tramo **L-00**, con una longitud aproximada de **434,66 m**, diámetro adoptado **Ø63 mm**, material PEAD o PVC presión y caudal de diseño de **1,00 L/s**.

Los resultados hidráulicos obtenidos para la conducción principal son los siguientes:

Parámetro	Resultado
Longitud	434,66 m
Diámetro adoptado	Ø63 mm
Caudal conducido	1,00 L/s
Velocidad estimada	0,32 m/s
Pérdida de carga estimada	1,00 m
Pendiente hidráulica	0,00230 m/m
Condición hidráulica	Adecuada

La conducción propuesta cumple hidráulicamente con el transporte del caudal de diseño, presentando velocidad moderada y pérdidas de carga bajas. El diámetro adoptado **Ø63 mm** es adecuado para la conducción principal del sistema.

La principal intervención requerida no corresponde únicamente al diámetro, sino a la instalación técnica de la línea, la cual debe ejecutarse enterrada, protegida, con accesorios de operación, protección en cruces, anclajes, válvulas, purgas y ventosas según las condiciones topográficas.

14.6 Conclusiones sobre la red de distribución

La red de distribución se modeló como una red ramificada rural, operada por gravedad desde el tanque de almacenamiento hacia los diferentes sectores de servicio. El modelo cuenta con **12 nodos** y **8 tramos**, de los cuales siete corresponden a la red de distribución.

La longitud total aproximada de la red de distribución modelada es de **1.161,18 m**, sin incluir la conducción principal. Los diámetros adoptados para la red se encuentran entre **Ø25 mm y Ø50 mm**, según la jerarquía hidráulica, la longitud de los tramos y la demanda asignada a cada sector.

Parámetro	Resultado
Longitud red de distribución	1.161,18 m

Parámetro	Resultado
Caudal total distribuido	1,00 L/s
Diámetros modelados	Ø25 mm a Ø50 mm
Presión mínima estimada	9,50 m.c.a.
Presión máxima estimada	11,32 m.c.a.
Pérdida máxima por tramo	0,97 m
Condición hidráulica general	Aceptable

Las presiones estimadas se encuentran entre **9,50 m.c.a. y 11,32 m.c.a.**, rango considerado aceptable para un sistema rural por gravedad. El nodo con menor presión corresponde al sector oriente bajo, por lo cual se recomienda verificar su cota definitiva durante la ejecución y realizar seguimiento operativo.

Las velocidades en algunos tramos son bajas, condición esperable en sistemas rurales con caudales reducidos y redes ramificadas. Por tanto, se recomienda instalar purgas en finales de ramal y puntos bajos, además de programar lavados periódicos para evitar acumulación de sedimentos.

14.7 Conclusiones sobre la distribución de demanda

La demanda total de diseño de **1,00 L/s** se distribuyó entre los nodos de servicio del modelo de la siguiente manera:

Nodo	Sector	Demanda asignada
N-05	Oriente alto	0,18 L/s
N-06	Oriente bajo	0,11 L/s
N-07	Centro oriente	0,05 L/s
N-08	Suroriente	0,14 L/s
N-10	Sur	0,24 L/s
N-11	Suroccidente	0,12 L/s
N-12	Nororiente	0,16 L/s
Total	Sistema completo	1,00 L/s

El sector con mayor demanda asignada corresponde al sector sur, con **0,24 L/s**, seguido de los sectores oriente alto y nororiente. Esta distribución permite representar adecuadamente el

comportamiento del sistema por sectores y facilita la futura operación mediante válvulas de sectorización.

14.8 Conclusiones sobre el tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento requerido para el sistema se adoptó con un volumen de **21,56 m³**, valor coherente con la demanda futura diaria, la capacidad de tratamiento y las necesidades de regulación del sistema.

El tanque existente presenta un volumen geométrico aproximado de **21,40 m³**, muy cercano al volumen requerido; sin embargo, se encuentra en regular estado y presenta filtraciones. Esta condición afecta su volumen útil, estanqueidad, durabilidad y seguridad sanitaria.

Parámetro	Valor
Volumen requerido	21,56 m³
Volumen existente aproximado	21,40 m³
Diferencia	0,16 m³
Relación almacenamiento/demanda diaria	53,55 %
Autonomía con Qmd	12,85 horas
Autonomía con Q diseño	5,99 horas
Condición física actual	Regular, con filtraciones

Desde el punto de vista hidráulico, el volumen es adecuado para el sistema. No obstante, por la presencia de filtraciones, se concluye que el tanque debe ser objeto de intervención integral, mediante rehabilitación, impermeabilización, adecuación sanitaria y reposición de accesorios, o mediante construcción de una nueva estructura, según lo determine la evaluación estructural y sanitaria definitiva.

14.9 Conclusiones sobre la PTAP

El sistema existente no cuenta con planta de tratamiento de agua potable, por lo cual el agua captada es conducida y distribuida sin procesos técnicos de potabilización. Esta condición representa una deficiencia sanitaria relevante, especialmente porque el sistema abastece población residencial y población escolar.

El diseño hidráulico incorpora una PTAP con capacidad de **1,00 L/s**, compatible con el caudal de diseño adoptado. Esta capacidad permite tratar el caudal requerido por el sistema y llenar el tanque de almacenamiento de **21,56 m³** en aproximadamente **5,99 horas**, bajo condición teórica de operación continua y sin consumo simultáneo.

La incorporación de la PTAP es indispensable para que la optimización del acueducto no solo mejore las condiciones hidráulicas, sino también la calidad del agua suministrada a la comunidad.

14.10 Conclusiones sobre accesorios hidráulicos

El sistema requiere la instalación de accesorios hidráulicos complementarios que garanticen operación, mantenimiento, control y protección de la infraestructura.

Se concluye que deben incorporarse como mínimo:

Accesorio	Función principal
Válvulas de cierre	Sectorización y aislamiento de tramos
Válvulas de purga	Lavado de red y evacuación de sedimentos
Ventosas	Evacuación y admisión de aire
Anclajes	Estabilidad en cambios de dirección
Cámaras de válvulas	Protección y acceso a accesorios
Protección en cruces viales	Evitar daños por cargas externas
Macromedidor	Control de caudal producido o distribuido
Rejilla de captación	Control de sólidos
Tapa sanitaria y ventilación	Protección del tanque

Estos elementos no deben considerarse secundarios, ya que son fundamentales para evitar fallas operativas, facilitar el mantenimiento y garantizar la vida útil del sistema.

14.11 Conclusiones sobre operación y mantenimiento

La operación actual del sistema es comunitaria, informal y reactiva. No existe operador permanente, facturación formal, registro de caudales, control de presiones ni mantenimiento preventivo sistemático.

Con la optimización propuesta, se requiere pasar a un esquema de operación preventiva y organizada, con un responsable operativo o fontanero comunitario, rutinas de inspección, limpieza de captación, operación de PTAP, lavado de tanque, apertura de purgas, revisión de ventosas, control de válvulas y registro de novedades.

La sostenibilidad del sistema dependerá no solo de la construcción de las obras, sino también de la capacidad comunitaria para operar, mantener y proteger la infraestructura.

14.12 Síntesis final del diseño hidráulico

La síntesis general del diseño hidráulico se presenta a continuación:

Componente	Resultado principal
Caudal de diseño	1,00 L/s
Fuente abastecedora	Oferta favorable frente a demanda
Captación	Requiere optimización técnica y sanitaria
Conducción principal	Ø63 mm, longitud 434,66 m
Red de distribución	Red ramificada, 1.161,18 m
Diámetros de red	Ø25 mm a Ø50 mm
Presiones estimadas	9,50 a 11,32 m.c.a.
Tanque	21,56 m^3 requerido
PTAP	1,00 L/s
Accesorios	Válvulas, purgas, ventosas, anclajes y cámaras
Operación	Requiere esquema preventivo y responsable operativo

14.13 Conclusión general

El diseño hidráulico desarrollado para el sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio permite concluir que la solución proyectada es técnicamente viable para atender la demanda actual y futura de la población beneficiaria, siempre que se ejecuten las obras de optimización planteadas y se implementen las medidas de operación y mantenimiento recomendadas.

El caudal de diseño de **1,00 L/s** resulta adecuado para el sistema, la fuente presenta una oferta favorable, la conducción principal en **Ø63 mm** cumple hidráulicamente, la red de distribución modelada presenta presiones aceptables, el volumen de almacenamiento requerido es coherente con la demanda y la PTAP proyectada permite incorporar el componente sanitario necesario para garantizar agua tratada.

Las intervenciones prioritarias corresponden a la optimización de la captación, protección de la conducción, implementación de PTAP, rehabilitación o construcción del tanque, instalación de accesorios hidráulicos, sectorización de la red y fortalecimiento operativo comunitario.

En consecuencia, el sistema proyectado permitirá mejorar la continuidad, presión, calidad, confiabilidad y sostenibilidad del servicio de acueducto para la comunidad del Centro Poblado de San Carlos del Guavio.

15. RECOMENDACIONES

Con base en el diagnóstico del sistema existente, el análisis de usuarios, la verificación de oferta hídrica, el modelo hidráulico desarrollado y los resultados obtenidos para la conducción, red de distribución, tanque de almacenamiento, planta de tratamiento y accesorios complementarios, se presentan las recomendaciones técnicas para la optimización, mejoramiento y fortalecimiento del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio.

Las recomendaciones se formulan con el propósito de garantizar que el sistema proyectado funcione de manera segura, continua, eficiente y sostenible, atendiendo la demanda actual y futura de la comunidad beneficiaria.

15.1 Recomendaciones sobre la fuente abastecedora

Se recomienda mantener la fuente superficial tipo caño o nacimiento como fuente abastecedora del sistema, dado que el balance oferta-demanda presenta una condición favorable frente al caudal de diseño adoptado de **1,00 L/s**.

No obstante, debido a que se trata de una fuente superficial de pequeña escala, se recomienda realizar un aforo complementario en época seca, con el fin de confirmar el caudal mínimo disponible bajo condiciones críticas y fortalecer la información hidrológica del sistema.

Recomendación	Justificación
Realizar aforo en época seca	Confirmar caudal mínimo disponible
Proteger el área inmediata de la fuente	Evitar contaminación y deterioro
Mantener seguimiento periódico del caudal	Controlar variaciones estacionales
Evitar captación total de la fuente	Garantizar excedencias hacia el cauce
Verificar permisos ambientales	Formalizar el uso del recurso hídrico

La recomendación de aforo en época seca no invalida el diseño, sino que complementa la verificación técnica y permite contar con información adicional para la operación futura.

15.2 Recomendaciones sobre la captación

Se recomienda optimizar la bocatoma existente o construir una captación técnicamente adecuada, que permita derivar el caudal de diseño de **1,00 L/s** de manera controlada, segura y con protección sanitaria.

La captación debe reducir los taponamientos frecuentes, evitar el ingreso de hojas, material vegetal y sedimentos, facilitar la limpieza y permitir el retorno de excedencias al cauce natural.

Elemento recomendado	Función
Rejilla o cribado	Retener sólidos gruesos y material vegetal
Cámara de derivación	Controlar ingreso del caudal hacia la conducción
Sistema de limpieza	Facilitar retiro de sedimentos y obstrucciones
Rebose o excedencia	Permitir retorno del agua no captada al cauce
Protección sanitaria	Evitar ingreso de animales y contaminantes
Acceso seguro	Facilitar operación y mantenimiento

La captación debe diseñarse considerando facilidad de operación comunitaria, bajo mantenimiento y seguridad para el personal encargado de las labores de limpieza.

15.3 Recomendaciones sobre la conducción principal

Se recomienda reemplazar, reinstalar o proteger integralmente la conducción principal, eliminando la condición actual de tubería superficial expuesta al paso de ganado, desplazamientos, desacoples y posibles fugas.

La conducción proyectada deberá instalarse en **Ø63 mm**, en PEAD o PVC presión, con una longitud aproximada de **434,66 m**, garantizando capacidad para transportar el caudal de diseño de **1,00 L/s**.

Aspecto	Recomendación
Diámetro	Adoptar conducción principal Ø63 mm
Material	PEAD o PVC presión
Instalación	Enterrada y protegida
Cruces de vía	Implementar camisa o protección mecánica
Puntos altos	Instalar ventosas donde aplique
Puntos bajos	Instalar válvulas de purga
Cambios de dirección	Construir anclajes
Operación	Incorporar válvulas de cierre al inicio y final

La conducción debe instalarse de forma técnica, evitando tramos superficiales, especialmente en zonas de potrero, cauce, ladera o cruce vial.

15.4 Recomendaciones sobre la planta de tratamiento de agua potable

Se recomienda implementar una planta de tratamiento de agua potable con capacidad mínima de **1,00 L/s**, compatible con el caudal de diseño adoptado y con la demanda futura del sistema.

La PTAP deberá seleccionarse o diseñarse de acuerdo con la calidad del agua cruda, priorizando facilidad de operación, bajo mantenimiento, disponibilidad de insumos y sostenibilidad comunitaria.

Recomendación	Justificación
Implementar PTAP de 1,00 L/s	Garantizar tratamiento del caudal de diseño
Realizar análisis de calidad del agua	Definir procesos requeridos
Incorporar desinfección controlada	Garantizar seguridad sanitaria
Diseñar unidades de fácil operación	Facilitar manejo comunitario
Incluir sistema de lavado	Permitir mantenimiento periódico
Capacitar operador	Garantizar funcionamiento adecuado

La incorporación de la PTAP es prioritaria, debido a que actualmente el sistema distribuye agua sin tratamiento técnico, condición que representa un riesgo sanitario para la población usuaria.

15.5 Recomendaciones sobre el tanque de almacenamiento

Se recomienda intervenir integralmente el tanque de almacenamiento existente o construir un nuevo tanque, considerando que el volumen geométrico actual es cercano al requerido, pero la estructura presenta filtraciones y estado regular de conservación.

Desde el punto de vista hidráulico, el volumen requerido de **21,56 m³** es adecuado para el sistema. Sin embargo, la decisión entre rehabilitación o construcción nueva debe depender de la evaluación estructural y sanitaria definitiva.

Alternativa	Recomendación
Rehabilitación	Aplicable si la estructura es estable y recuperable
Construcción nueva	Aplicable si existen fallas estructurales, filtraciones severas o riesgo sanitario

En caso de rehabilitar el tanque existente, se recomienda incluir como mínimo:

Elemento	Recomendación
Impermeabilización	Corregir filtraciones y garantizar estanqueidad

Elemento	Recomendación
Tapa sanitaria	Evitar ingreso de contaminantes
Ventilación protegida	Permitir aireación sin contaminación
Rebose	Evacuar excedentes de forma segura
Desagüe de fondo	Facilitar lavado y mantenimiento
Válvulas de entrada y salida	Controlar operación
Cerramiento	Proteger la infraestructura
Lavado periódico	Mantener condiciones sanitarias

El tanque debe garantizar volumen útil, estanqueidad, seguridad sanitaria y facilidad de operación.

15.6 Recomendaciones sobre la red de distribución

Se recomienda ejecutar la red de distribución conforme al modelo hidráulico desarrollado, manteniendo los diámetros adoptados por jerarquía de tramo y sector de servicio.

Tipo de tramo	Diámetro recomendado
Ramales principales	Ø50 mm
Ramal secundario	Ø40 mm
Derivaciones principales	Ø32 mm
Derivación de baja demanda	Ø25 mm

La red debe instalarse con tubería PEAD o PVC presión, enterrada, protegida y con accesorios adecuados para operación y mantenimiento.

Se recomienda verificar en campo las cotas definitivas de los nodos, especialmente en los sectores donde el modelo reporta presiones más bajas, con el fin de confirmar el comportamiento hidráulico durante la fase de replanteo y construcción.

Punto de atención	Recomendación
Nodo N-06, sector oriente bajo	Verificar cota y presión durante ejecución
Ramales finales	Instalar purgas para lavado
Tramos de baja velocidad	Programar mantenimiento periódico
Ramales principales	Instalar válvulas de sectorización

Punto de atención	Recomendación
Sectores alejados	Controlar continuidad y presión

La red modelada presenta presiones aceptables; sin embargo, la operación adecuada dependerá de la correcta instalación, control de fugas, mantenimiento de válvulas y lavado periódico de ramales.

15.7 Recomendaciones sobre accesorios hidráulicos

Se recomienda instalar los accesorios hidráulicos complementarios definidos en el diseño, debido a que son indispensables para garantizar operación, control, mantenimiento y protección del sistema.

Accesorio	Recomendación
Válvulas de cierre	Instalar en salida de tanque, inicio de ramales y puntos estratégicos
Válvulas de purga	Instalar en puntos bajos y finales de ramal
Ventosas	Instalar en puntos altos de conducción y red
Anclajes	Construir en cambios de dirección, tees, codos y válvulas
Cámaras de válvula	Proteger accesorios de operación
Protección en cruces	Implementar en cruces de vía o zonas expuestas
Macromedidor	Instalar en salida de PTAP o tanque
Rejilla de captación	Instalar para control de sólidos

La localización definitiva de purgas, ventosas y anclajes deberá ajustarse con base en el perfil topográfico y el replanteo de obra.

15.8 Recomendaciones sobre operación y mantenimiento

Se recomienda implementar un esquema básico de operación y mantenimiento preventivo, con un responsable designado por la comunidad o por la administración del sistema.

El sistema no debe continuar operando únicamente de manera reactiva, es decir, atendiendo fallas cuando ya se presenta interrupción del servicio. Se requiere una operación programada, con registros y rutinas periódicas.

Actividad	Frecuencia recomendada
Limpieza de captación	Semanal o después de lluvias
Revisión de conducción	Mensual

Actividad	Frecuencia recomendada
Operación y revisión de PTAP	Diario o por jornada de operación
Control de desinfección	Diario o según operación
Revisión del tanque	Semanal
Lavado de tanque	Según protocolo sanitario
Apertura de purgas	Mensual
Revisión de ventosas	Mensual
Revisión de válvulas	Mensual
Inspección de cruces	Trimestral o después de lluvias
Control de fugas	Permanente
Registro de caudales	Semanal o mensual

Estas actividades deben quedar incluidas dentro de un manual básico de operación y mantenimiento del sistema.

15.9 Recomendaciones sobre control de calidad del agua

Se recomienda implementar monitoreo periódico de la calidad del agua, especialmente porque el sistema abastece población residencial y población escolar.

Parámetro	Recomendación
Turbiedad	Control periódico, especialmente después de lluvias
Color	Seguimiento visual y analítico
pH	Verificación periódica
Cloro residual	Control frecuente si se implementa desinfección
Coliformes totales	Análisis microbiológico periódico
E. coli	Análisis microbiológico periódico
Registro de calidad	Llevar bitácora de resultados

El control de calidad debe articularse con la operación de la PTAP y con las obligaciones sanitarias aplicables al suministro de agua para consumo humano.

15.10 Recomendaciones ambientales

Se recomienda verificar la situación ambiental de la captación ante la autoridad competente, con el fin de establecer la existencia, vigencia o necesidad de tramitar la concesión de aguas superficiales.

Igualmente, se recomienda proteger la zona de nacimiento y captación, evitando actividades que puedan afectar la calidad o disponibilidad del recurso hídrico.

Recomendación	Propósito
Verificar concesión de aguas	Formalizar aprovechamiento del recurso
Proteger ronda y área inmediata	Reducir riesgo de contaminación
Evitar ingreso de animales	Proteger calidad del agua
Manejar excedencias	Mantener flujo natural aguas abajo
Evitar vertimientos cercanos	Proteger fuente abastecedora
Reforestar si aplica	Favorecer regulación hídrica

La protección ambiental de la fuente es fundamental para garantizar la sostenibilidad del sistema a largo plazo.

15.11 Recomendaciones prediales

Se recomienda formalizar los permisos de paso, autorizaciones o servidumbres necesarias para los tramos de conducción y red que atraviesen predios privados.

La comunidad ha manifestado que históricamente no se han presentado inconvenientes con los propietarios; sin embargo, para efectos de ejecución, operación y mantenimiento, se requiere contar con autorización escrita, preferiblemente autenticada o formalizada conforme corresponda.

Aspecto predial	Recomendación
Paso de conducción	Gestionar autorización del propietario
Paso de red por predios privados	Formalizar permiso de paso
Acceso a bocatoma	Garantizar autorización para operación
Acceso a tanque/PTAP	Garantizar disponibilidad del predio
Mantenimiento futuro	Dejar documentada la autorización
Propietario ausente	Gestionar poder, autorización o mecanismo válido

La formalización predial reduce riesgos durante la ejecución de la obra y facilita el mantenimiento futuro.

15.12 Recomendaciones constructivas

Durante la fase de construcción se recomienda garantizar que las obras hidráulicas se ejecuten conforme a los planos, especificaciones técnicas y buenas prácticas constructivas.

Actividad	Recomendación
Replanteo	Verificar trazado, cotas y ubicación de accesorios
Excavación	Ajustar a condiciones reales del terreno
Instalación de tubería	Respetar cama de apoyo, alineamiento y pendiente
Rellenos	Usar material adecuado y compactación por capas
Cruces de vía	Ejecutar protección mecánica
Pruebas hidráulicas	Realizar prueba de presión y estanqueidad
Lavado de red	Ejecutar antes de puesta en servicio
Desinfección	Realizar antes de entregar el sistema
Registro de obra	Documentar cambios y ajustes realizados
Planos récord	Elaborar planos finales construidos

Las pruebas hidráulicas, lavado y desinfección son indispensables antes de la puesta en operación del sistema.

15.13 Recomendaciones para seguimiento posterior

Después de la ejecución de las obras, se recomienda realizar seguimiento operativo durante los primeros meses de funcionamiento del sistema, con el fin de verificar presiones, continuidad, comportamiento de la PTAP, funcionamiento del tanque, presencia de fugas y aceptación comunitaria.

Seguimiento	Frecuencia sugerida
Verificación de presión en nodos críticos	Primer mes y luego trimestral
Revisión de fugas	Permanente durante operación inicial
Control de tanque	Semanal
Control de PTAP	Diario o por jornada

Seguimiento	Frecuencia sugerida
Revisión de accesorios	Mensual
Evaluación de quejas de usuarios	Permanente
Ajuste operativo	Según resultados de seguimiento

Este seguimiento permitirá corregir oportunamente posibles ajustes menores de operación y asegurar la estabilización del sistema.

15.14 Recomendaciones sobre documentación final

Se recomienda que al finalizar la intervención se consolide la documentación técnica y operativa del sistema, incluyendo planos récord, fichas de accesorios, manual de operación y mantenimiento, registros de prueba hidráulica, actas de entrega y soportes prediales y ambientales.

Documento	Contenido
Planos récord	Trazado final, diámetros, accesorios y cotas
Manual de operación	Rutinas, válvulas, purgas, PTAP y tanque
Manual de mantenimiento	Frecuencias y responsables
Registro de pruebas	Presión, estanqueidad, lavado y desinfección
Inventario de accesorios	Válvulas, purgas, ventosas y macromedidor
Soportes ambientales	Concesión o verificación ante autoridad
Soportes prediales	Permisos de paso y autorizaciones
Catastro actualizado	Usuarios y conexiones finales

Esta documentación permitirá mejorar la administración futura del sistema y facilitar intervenciones posteriores.

15.15 Síntesis de recomendaciones prioritarias

A continuación, se resumen las recomendaciones prioritarias del diseño hidráulico:

Prioridad	Recomendación
Alta	Optimizar la captación y proteger la fuente
Alta	Instalar conducción principal Ø63 mm enterrada y protegida

Prioridad	Recomendación
Alta	Implementar PTAP de 1,00 L/s
Alta	Rehabilitar integralmente o construir tanque de 21,56 m³
Alta	Ejecutar red de distribución con diámetros modelados
Alta	Instalar válvulas, purgas, ventosas, anclajes y cámaras
Alta	Formalizar permisos de paso en predios privados
Alta	Verificar situación ambiental de la captación
Alta	Implementar operación y mantenimiento preventivo
Media-alta	Instalar macromedición
Media-alta	Realizar seguimiento de presiones y calidad del agua
Media	Consolidar documentación final y planos récord

15.16 Conclusión del capítulo

Las recomendaciones formuladas permiten orientar la ejecución, operación y sostenibilidad del diseño hidráulico del sistema de acueducto veredal del Centro Poblado de San Carlos del Guavio.

La intervención debe priorizar la optimización de la captación, la protección de la conducción, la implementación de tratamiento, la rehabilitación o construcción del tanque, la ejecución de la red modelada, la instalación de accesorios hidráulicos, la formalización predial y ambiental, y el fortalecimiento de la operación comunitaria.

La sostenibilidad del sistema dependerá de que las obras se ejecuten técnicamente, pero también de que se implementen rutinas permanentes de operación, mantenimiento, control de calidad, seguimiento de presiones, lavado de red, limpieza de captación y administración básica del servicio.

En consecuencia, las recomendaciones aquí planteadas deben ser consideradas como parte integral del diseño hidráulico y como guía para la fase de construcción, puesta en marcha y operación del sistema de acueducto veredal.