



Propuesta técnica para el prediseño y la construcción de un acueducto veredal en La Palizada, Ituango.

Pedro Luis Zapata Torres

Construcción en Arquitectura e Ingeniería

Proyecto de grado

DOCENTE:

Dra. María Paz Duque Gutiérrez

Ituango, Antioquia Colombia.

2025

Tabla de contenido

Lista de tablas.....	4
Lista de ilustraciones.....	5
Resumen.....	6
Introducción.....	10
Propuesta técnica para el diseño y la construcción de un acueducto veredal en La Palizada, Ituango.....	12
Capítulo 1. Planteamiento y Formulación del Problema.....	12
1.1 Planteamiento.....	12
1.2 Formulación.....	14
1.2.1 Antecedentes del Problema.....	15
1.3 Objetivo General.....	18
1.3.1 Objetivos Específicos.....	19
1.4 Justificación.....	19
Capítulo 2. Marco de referencia.....	21
2.1 Marco Contextual.....	23
2.2 Marco teórico.....	27
2.2.1 Marco Espacial de Referencia: La Palizada, Ituango.....	27
2.2.2 Marco Estratégico de la Cuenca en La Palizada, Ituango.....	29

2.2.3 Climatología.....	33
2.2.4 Geología General.....	34
Capítulo 3. Metodología.....	35
3.1 Enfoque Metodológico.....	36
3.1.1 Fases metodológicas detalladas.....	37
Limitaciones del estudio.....	57
Capítulo 4. Análisis de Resultados y Conclusiones.....	60
4.1 análisis de resultados.....	60
4.2 conclusiones.....	61
Referencias bibliográficas.....	64

Lista de tablas

Tabla 1. Formato para RAE	14
Tabla 2. <i>Acciones estratégicas del POMCA para la gestión integral del recurso hídrico en zonas rurales</i>	30
Tabla 3. Parámetros de diseño para acueducto.....	41
Tabla 4. <i>Justificación técnica y económica del uso de tubería PEAD SDR 17 en zonas rurales</i>	43
Tabla 5. <i>Datos iniciales para la proyección de la línea de conducción</i>	43
Tabla 6. <i>Datos de entrada para el dimensionamiento del tanque</i>	49
Tabla 7. <i>Datos iniciales para diseño de cámara de captación</i>	50
Tabla 8. <i>Propuesta de costos y presupuesto, ajustable según costos de materiales y mano de obra en la zona</i>	53
Tabla 9. <i>Matriz de Ejecución del Proyecto – Acueducto Veredal La Palizada, Ituango</i>	56

Lista de ilustraciones

Ilustración 1 (<i>Visita de campo vereda la Palizada.</i>).....	14
Ilustración 2 (<i>Recorrido en el área del proyecto zona boscosa.</i>).....	15
Ilustración 3 <i>Mapa de georreferencia Ituango-palizada</i>	21
Ilustración 5 <i>Corregimiento de La Granja y sus veredas.</i>	28
Ilustración 6 <i>Redes del proyecto existente, insuficientes y en deterioro.</i>	30
Ilustración 7 <i>Estado actual de tanques receptores.</i>	31
Ilustración 8 <i>Imagen de Google Earth, vista aérea de la vereda.</i>	39
Ilustración 9 <i>Elaboración de croquis de campo: Se realizaron esquemas manuales y digitales que representaron el trazado tentativo del sistema, los desniveles relativos y las distancias aproximadas entre componentes.</i>	40
Ilustración 10 <i>Esquema de red de abastecimiento hidráulico.</i>	54

Resumen

La vereda La Palizada, ubicada en el municipio de Ituango, Antioquia, enfrenta una problemática histórica relacionada con el acceso limitado al agua potable. Las condiciones geográficas complejas, sumadas a factores sociales como el aislamiento rural y la escasa infraestructura, han restringido el desarrollo sostenible de la comunidad. Este documento presenta una propuesta técnica orientada a diseñar y proyectar la construcción de un acueducto veredal, con enfoque participativo, ambientalmente responsable y ajustado a las necesidades locales.

El proyecto se basa en un diagnóstico territorial minucioso, un análisis hidrosanitario del entorno y la implementación del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, que fue adoptado por el Ministerio de Desarrollo Económico a través de la Resolución 1096 de 2000. Esta normativa establece los requisitos técnicos necesarios para el diseño, construcción y operación de sistemas de acueducto, con el objetivo de asegurar eficiencia, sostenibilidad y calidad en la prestación del servicio. Siguiendo estas pautas, se llevaron a cabo cálculos hidráulicos, estimaciones presupuestales adaptadas al contexto rural, y se predimensionaron estructuras clave como la cámara de captación, el tanque de almacenamiento y la red de distribución por gravedad, todo ello en sintonía con la realidad física y social de La Palizada.

Más allá de la solución técnica, este trabajo representa un compromiso con el bienestar colectivo, la justicia hídrica y la autonomía comunitaria. El diseño metodológico busca

fortalecer el vínculo entre ingeniería, territorio y participación ciudadana, y posiciona el proyecto como una alternativa replicable para otros contextos rurales excluidos. Así, el acueducto veredal propuesto no solo busca cubrir una necesidad básica, sino contribuir a la transformación estructural y sostenible del territorio.

Palabras clave: Acueducto veredal, Prediseño hidráulico, Gestión comunitaria, Sostenibilidad rural

Abstract

La Palizada village, located in the municipality of Ituango (Antioquia), faces a longstanding challenge in accessing potable water. Complex geographical conditions, along with rural isolation and limited infrastructure, have hindered the community's sustainable development. This document presents a technical proposal aimed at designing and planning the construction of a community aqueduct, grounded in participatory processes, environmental responsibility, and alignment with local needs.

The project is based on a thorough territorial diagnosis, a hydrosanitary analysis of the area, and the implementation of the Technical Regulation for the Potable Water and Basic Sanitation Sector (RAS), adopted by the Ministry of Economic Development through Resolution 1096 of 2000. This regulation outlines the technical requirements for the design, construction, and operation of aqueduct systems, seeking to ensure efficiency, sustainability, and service quality. In accordance with these guidelines, hydraulic calculations were conducted, budget estimates were tailored to the rural context, and key structures—such as the intake chamber, storage tank, and gravity-fed distribution network—were pre-dimensioned in harmony with La Palizada's physical and social reality.

Beyond a technical solution, this work embodies a commitment to collective well-being, water justice, and community autonomy. The methodological design seeks to strengthen the connection between engineering, territory, and citizen participation, positioning the project as a replicable alternative for other excluded rural contexts. Thus, the proposed community

aqueduct not only aims to fulfill a basic need, but also to contribute to the structural and sustainable transformation of the territory.

Keywords: Community aqueduct · Hydraulic predesign · Community management · Rural sustainability

Introducción

La vereda La Palizada, en el municipio de Ituango, Antioquia, es una comunidad resiliente que ha enfrentado múltiples desafíos históricos y sociales, destacándose por su capacidad de organización y adaptación. Sin embargo, la falta de una infraestructura hídrica adecuada limita su desarrollo y calidad de vida. Esta propuesta técnica busca diseñar y construir un acueducto veredal sostenible que no solo garantice el acceso al agua potable, sino que también fomente la participación comunitaria y respete las características geográficas y culturales de la región. Al abordar esta problemática, el proyecto se convierte en una oportunidad para mejorar las condiciones de vida y promover un modelo de desarrollo rural más justo y sostenible.

En muchas zonas rurales del país, el acceso al agua potable sigue siendo un desafío debido a la falta de soluciones técnicas que se adapten a las condiciones locales. Aunque las comunidades han intentado abordar esta necesidad por su cuenta, la ausencia de criterios constructivos adecuados ha resultado en sistemas poco eficientes. Ante esta situación, el presente proyecto se presenta como una alternativa viable que combina conocimientos técnicos con la realidad del territorio. Integra normativas nacionales, como el Decreto 1898 de 2016, que establece esquemas diferenciados para la prestación de servicios públicos en zonas rurales, junto con herramientas de diseño que aseguran la funcionalidad y sostenibilidad del sistema. La participación activa de los habitantes de La Palizada es fundamental para garantizar que el proyecto sea apropiado y se mantenga a lo largo del tiempo.

Esta propuesta se desarrolla bajo un enfoque de investigación aplicada, que combina el análisis de variables climáticas, topográficas y demográficas con el diseño de estructuras hidráulicas esenciales para la captación, tratamiento, almacenamiento y distribución del recurso hídrico. Desde la perspectiva institucional, esta iniciativa se articula con los objetivos del Plan Municipal de Desarrollo de Ituango y responde a lineamientos departamentales de cobertura hídrica rural promovidos por la Gobernación de Antioquia. Asimismo, se enmarca en políticas nacionales como el *Programa Agua para la Prosperidad – PAP*, una estrategia del Gobierno Nacional que busca garantizar el acceso equitativo al recurso hídrico en zonas históricamente excluidas, mediante esquemas sostenibles y participación comunitaria.

La implementación del acueducto se proyecta no sólo como una solución técnica, sino como un instrumento para el fortalecimiento del tejido social, la promoción de la equidad territorial y el empoderamiento comunitario. El diseño contempla criterios normativos vigentes, herramientas digitales de simulación hidráulica y un enfoque ambientalmente responsable, ofreciendo así una propuesta integral que une ingeniería con justicia social y vocación de desarrollo rural.

Propuesta técnica para el prediseño y la construcción de un acueducto veredal en La Palizada, Ituango.

Capítulo 1. Planteamiento y Formulación del Problema

El acceso limitado al agua potable en la vereda La Palizada, ubicada en el municipio de Ituango, representa una problemática que afecta significativamente la calidad de vida de sus habitantes. La ausencia de un sistema de acueducto eficiente dificulta el abastecimiento adecuado del recurso hídrico, impactando tanto en las condiciones sanitarias como en las actividades diarias de la comunidad. Ante esta necesidad, se vuelve imperativo desarrollar una solución técnica para el diseño y la construcción de un acueducto veredal que garantice el suministro de agua de manera segura y sostenible. Este capítulo analiza la magnitud del problema, resaltando la importancia de una infraestructura hídrica adecuada y planteando los aspectos fundamentales que serán abordados en este estudio.

1.1 Planteamiento

Según estudios previos sobre el diseño y construcción de acueductos en municipios pequeños, se ha identificado que la falta de infraestructura hídrica adecuada es un factor determinante en el desarrollo social y económico de las poblaciones rurales (Rodríguez, 2024).

En Colombia, diversas investigaciones han abordado la necesidad de mejorar los sistemas de acueducto veredal, destacando la importancia de soluciones técnicas adaptadas a las condiciones geográficas y climáticas de cada región (Camacho & Bello, 2016). En el

caso de La Palizada, la comunidad ha enfrentado dificultades en el acceso al agua potable debido a la carencia de un sistema de distribución eficiente, lo que ha generado problemas de salud pública y afectaciones en la productividad agrícola.

El diseño y construcción de un acueducto veredal en La Palizada no solo busca garantizar el suministro de agua potable, sino también mejorar las condiciones de vida de los habitantes mediante una infraestructura sostenible y eficiente. Estudios de factibilidad han demostrado que la implementación de acueductos en municipios rurales contribuye significativamente al bienestar de la población y al desarrollo económico local (Cipagauta et al., 2015). Este proyecto se fundamenta en la necesidad de una solución técnica que permita optimizar el uso del recurso hídrico y garantizar su acceso de manera equitativa.

Este trabajo se orienta al desarrollo del prediseño de un sistema de acueducto veredal en el corregimiento La Palizada, municipio de Ituango, integrando criterios técnicos, ambientales y sociales que permitan garantizar su viabilidad constructiva y funcional, así como su sostenibilidad en el largo plazo. Como apoyo al diagnóstico inicial, en la Ilustración 1 se presentan las condiciones topográficas y del subsuelo observadas durante la visita de campo, información clave para orientar el diseño de las obras hidráulicas y estructurales propuestas.

Ilustración 1

Visita de campo vereda la Palizada.



Nota. Fuente Propia

1.2 Formulación

Desde el problema anterior, se genera el siguiente interrogante: ¿Cómo prediseñar un acueducto veredal eficiente y sostenible que supla las necesidades básicas de abastecimiento de agua potable de los habitantes de la vereda La Palizada, en el municipio de Ituango, minimizando el impacto ambiental y promoviendo el bienestar social, económico y cultural de la comunidad?

Ilustración 2

Recorrido en el área del proyecto zona boscosa



Nota. Fuente propia

1.2.1 Antecedentes del Problema

A continuación, se presenta en la tabla 1, una recopilación de estudios técnicos y tesis de grado que exploran el diseño y la implementación de sistemas de acueducto veredal en diversas regiones rurales de Colombia. Esta selección incluye documentos que examinan la potabilidad del agua, la infraestructura de distribución hídrica y la viabilidad técnica y económica de los proyectos, todos con metodologías aplicadas y conclusiones relevantes

para contextos similares. La información se organiza según los criterios del RAE, lo que permite identificar los aportes clave de cada fuente en relación con el diseño hidráulico, la participación comunitaria y la sostenibilidad del sistema.

Tabla 1

Formato para RAE

Información General				
Tipo: Tesis de grado Acceso: Disponible en: https://repository.usta.edu.co/server/api/core/bitstreams/2db5b621-cc26-459e-ab85-a4682c22a9a8/content Título: Diseño de un sistema para mejorar las condiciones de potabilidad de agua y distribución del acueducto veredal Pantano del Cerro en la vereda de Susacá, municipio de Aquitania, Boyacá Autor(es): Eliana Patricia Mesa Moreno y Daniel Eduardo González Flórez Año: 2022 Palabras clave: Acueducto veredal, potabilidad del agua, distribución hídrica				
Descripción Corta	Tesis del Autor	Metodología	Conclusiones	Comentarios
Este estudio aborda el diseño de un sistema de acueducto para mejorar la calidad del agua en una comunidad rural.	La investigación sostiene que la implementación de un sistema de acueducto eficiente mejora la calidad de vida y la salud pública en comunidades rurales.	Se emplea un enfoque técnico basado en estudios de factibilidad y análisis de calidad del agua.	Se concluye que la infraestructura adecuada y el tratamiento del agua son esenciales para garantizar el acceso seguro al recurso hídrico.	Este documento aporta información técnica sobre el diseño de acueductos rurales, lo que puede servir como referencia para la propuesta en La Palizada.
Información General				

Tipo: Documento técnico

Acceso: Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/items/b0957a2a-b773-4edc-8803-27ce85b2a262>

Título: Diseño del sistema de abastecimiento para la vereda Anatoli del municipio de La Mesa (Cundinamarca)

Autor(es): Brayan Sebastián Moreno García, Sara Valentina Urdaneta Valero

Año: 2004

Palabras clave: Acueducto veredal, abastecimiento de agua, infraestructura hídrica

Descripción Corta	Tesis del Autor	Metodología	Conclusiones	Comentarios
Presenta un diseño técnico para mejorar el abastecimiento de agua en la vereda Anatoli, enfocándose en la infraestructura y distribución hídrica.	La planificación y diseño adecuado de un sistema de abastecimiento de agua mejora la calidad de vida y garantiza el acceso sostenible al recurso hídrico.	Se basa en estudios de factibilidad, análisis de calidad del agua y evaluación de infraestructura existente.	Se concluye que la implementación de un sistema eficiente depende de factores técnicos, económicos y ambientales.	Este documento es relevante para proyectos similares en comunidades rurales que buscan mejorar el acceso al agua potable.

Información General

Tipo: Tesis de grado

Acceso: Disponible en: <https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/13956/ESTUDIO%20DE%20FACTIBILIDAD%20PARA%20EL%20DISEÑO%20METODOLÓGICO%20DEL%20SISTEMA%20DE%20ACUEDUCTO%20VEREDAL%20EN%20LA%20VEREDA%20LA%20HERMOSA%20.pdf?sequence=1>

Título: Estudio de factibilidad para el diseño metodológico del sistema de acueducto veredal en la vereda La Hermosa, municipio de La Palma, Cundinamarca

Autor(es): Brayan Sebastián Moreno García, Sara Valentina Urdaneta Valero

Año: 2024

Palabras clave: Factibilidad, diseño metodológico, acueducto veredal

Descripción Corta	Tesis del Autor	Metodología	Conclusiones	Comentarios
Analiza la viabilidad técnica y económica de un acueducto veredal en una comunidad específica.	La investigación sostiene que la planificación adecuada y el análisis de factibilidad son esenciales para la implementación de acueductos rurales.	Se emplea un enfoque metodológico basado en estudios de impacto ambiental y análisis de costos.	Se concluye que la viabilidad del proyecto depende de factores técnicos, económicos y sociales.	Este documento es relevante para estructurar el análisis de factibilidad del acueducto en La Palizada

Nota. Construcción desde la literatura existente.

Estos antecedentes constituyen una base referencial sólida para la propuesta en La Palizada, ya que permiten contrastar enfoques metodológicos, validar decisiones técnicas y fortalecer el marco conceptual del trabajo de grado.

1.3 Objetivo General

Elaborar una propuesta de prediseño técnico para la construcción de un acueducto veredal en La Palizada, Ituango, que garantice el acceso sostenible al agua potable, considerando criterios de viabilidad social y económica orientados a mejorar la calidad de vida de la comunidad.

1.3.1 Objetivos Específicos

Analizar las condiciones actuales del suministro de agua en La Palizada, Ituango, a partir de recorridos técnicos, observación directa y encuestas comunitarias, con el fin de identificar las necesidades, limitaciones y problemáticas en el acceso al recurso hídrico.

Proponer un sistema de acueducto veredal basado en principios de eficiencia hídrica y de desarrollo sostenible, considerando las características geográficas y climáticas de la región.

Evaluar la viabilidad desde un prediseño técnico y la propuesta económica de la construcción del acueducto, mediante un estudio de factibilidad que contemple costos, materiales adecuados y el impacto en la comunidad.

Diseñar estrategias integrales de mantenimiento y gestión comunitaria para el acueducto veredal, fomentando la corresponsabilidad ciudadana mediante procesos de formación, organización social y apropiación de buenas prácticas en el manejo del agua potable, con miras a asegurar su preservación, calidad y disponibilidad sostenible.

1.4 Justificación

El acceso al agua potable es un derecho fundamental que influye directamente en la calidad de vida y el desarrollo de las comunidades. En la vereda La Palizada, ubicada en el municipio de Ituango, los habitantes han enfrentado históricamente dificultades para el abastecimiento de agua, debido a la falta de infraestructura adecuada y a las condiciones geográficas complejas del territorio. Esta situación no solo afecta la salud pública y la seguridad hídrica, sino que también limita las oportunidades económicas y sociales de la

población. Por ello, la implementación de un acueducto veredal representa una necesidad urgente y una solución viable para garantizar el acceso continuo y seguro al recurso hídrico.

Desde una perspectiva técnica, el diseño y construcción del sistema de acueducto debe contemplar criterios de sostenibilidad ambiental, eficiencia operativa y adaptación a las particularidades del entorno. Los estudios de georreferenciación y análisis de calidad del agua permitirán identificar las fuentes hídricas disponibles y evaluar la viabilidad de su aprovechamiento sin comprometer los ecosistemas locales. Asimismo, el uso de tecnologías apropiadas en el tratamiento y distribución del agua contribuirá a la reducción de pérdidas y a la optimización de los recursos disponibles, asegurando un sistema confiable y de bajo mantenimiento para la comunidad.

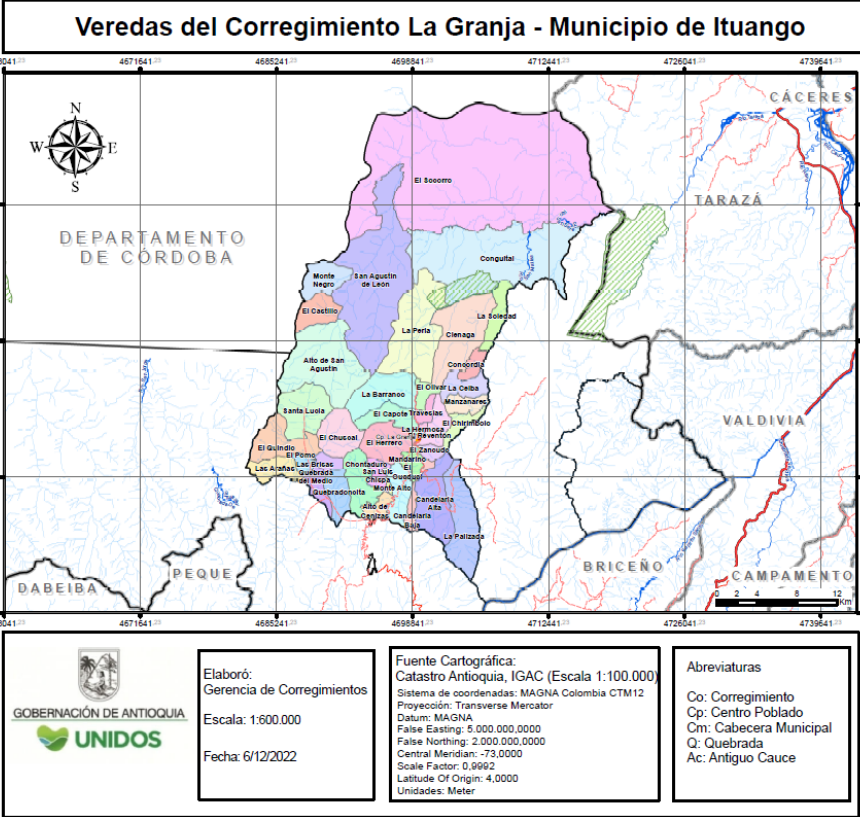
La ejecución de este proyecto no solo tiene un impacto técnico, sino también un componente social significativo. Un acueducto comunitario fortalece el tejido social y promueve la organización local en torno a la gestión del agua, permitiendo la participación activa de los habitantes en el mantenimiento y administración del recurso. Además, al mejorar el acceso a agua potable, se generan condiciones más propicias para el desarrollo económico y social de la vereda, impulsando actividades productivas, mejorando las condiciones sanitarias y reduciendo el riesgo de enfermedades derivadas del consumo de agua no tratada. En definitiva, la implementación de un sistema de acueducto veredal en La Palizada no solo responde a una necesidad básica, sino que se convierte en un eje estratégico para el bienestar y progreso sostenible de la comunidad.

Capítulo 2. Marco de referencia

El marco de referencia proporciona los fundamentos teóricos, contextuales y metodológicos que sustentan la investigación sobre el diseño y construcción de un acueducto veredal en La Palizada, Ituango. Este apartado establece los antecedentes históricos y territoriales que han influido en la gestión del agua en la región, así como los enfoques técnicos y normativos que rigen los sistemas de abastecimiento en comunidades rurales. A través de fuentes académicas verificadas, se analizarán los desafíos y oportunidades que enfrenta la implementación de infraestructura hídrica sostenible, con el objetivo de generar soluciones adaptadas a las necesidades específicas de la población. En la Ilustración 3 se presenta la localización geográfica de la vereda La Palizada, dentro del corregimiento y del municipio de Ituango, Antioquia.

Ilustración 3

Mapa de georreferencia Ituango-palizada



Nota. Ubicación territorial del corregimiento y la vereda La Palizada en el municipio de Ituango, Antioquia, donde se proyecta el sistema de acueducto.

El municipio de Ituango está ubicado en la subregión Norte de Antioquia, en una zona montañosa con drenajes intensos. En la vereda La Palizada, que forma parte de su área rural, hay limitaciones en la infraestructura de agua y el acceso a servicios públicos es bastante restringido. Esta situación geográfica y social influye en la planificación del prediseño técnico, así como en la elección de estructuras que se adapten a las características del terreno y de la comunidad.

2.1 Marco Contextual

La contextualización del problema es esencial para situar la investigación dentro de su entorno espacio temporal, permitiendo un análisis profundo de las condiciones socioeconómicas, ambientales y culturales que inciden en la problemática del abastecimiento de agua en La Palizada, Ituango. Este análisis facilita la comprensión de las necesidades de la comunidad y de los factores que han influido en la gestión del recurso hídrico a lo largo del tiempo. La vereda, caracterizada por su historia de resiliencia y adaptación frente a los desafíos del conflicto armado y la falta de infraestructura, presenta dinámicas propias que requieren soluciones técnicas y comunitarias específicas. Según estudios recientes, la planificación y diseño de sistemas de abastecimiento deben considerar el contexto geográfico y social de las poblaciones rurales para garantizar la sostenibilidad del recurso y la mejora en la calidad de vida de sus habitantes

2.1.1 Contexto nacional y departamental

2.1.1.1 Contexto Nacional

Colombia ha enfrentado desafíos históricos en la gestión del agua potable, especialmente en áreas rurales. La infraestructura hídrica ha sido afectada por la desigualdad territorial y el conflicto armado, lo que ha dificultado la implementación de sistemas eficientes de abastecimiento. Según García y Ramírez (2020), el acceso al agua en comunidades rurales depende de la planificación gubernamental y la inversión en acueductos veredales

Por otro lado, en el ámbito nacional, políticas como el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 han incluido estrategias para mejorar la infraestructura hídrica en regiones

vulnerables. Sin embargo, el acceso equitativo sigue siendo un reto (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2021).

2.1.1.2 Contexto Departamental (Antioquia)

Antioquia ha sido un departamento clave en la producción agrícola y en la gestión de recursos hídricos, con esfuerzos de la gobernación para mejorar el abastecimiento de agua en zonas rurales. Según Moreno Méndez (2023), el acceso al agua potable y el saneamiento básico en Antioquia han sido desafíos constantes, especialmente en comunidades rurales donde la infraestructura es limitada.

El municipio de Ituango, en particular, ha experimentado desplazamientos forzados y dificultades de conectividad que afectan la gestión del agua potable. La Gobernación de Antioquia ha impulsado programas para mejorar la infraestructura hídrica, pero la cobertura sigue siendo insuficiente (Moreno Méndez, 2023).

2.1.1.3 Contexto municipal

Contexto Municipal (Ituango, Vereda La Palizada)

La Palizada es una vereda del municipio de Ituango que forma parte de un territorio con antecedentes históricos y sociales significativos. A lo largo del tiempo, las transformaciones en el paisaje rural y la expansión de los asentamientos campesinos han generado nuevas necesidades en materia de infraestructura básica, especialmente en el acceso al agua potable. En este contexto, el presente proyecto busca responder a las condiciones actuales de abastecimiento hídrico en La Palizada, articulando el conocimiento técnico con la realidad territorial y promoviendo soluciones sostenibles desde una perspectiva comunitaria. Tal como lo reconoce el Plan de Desarrollo Municipal, “abordar

necesidades como la falta de acueducto en muchas veredas [es fundamental] para favorecer el saneamiento básico en estas comunidades” (Alcaldía de Ituango, 2024, p. 41).

Actualmente, la infraestructura en La Palizada es precaria, con vías de acceso limitadas que dificultan el transporte de productos agrícolas y el suministro de agua potable. En otras regiones rurales del país, como la vereda Quebrada de Becerras en Boyacá, se han implementado estrategias de georreferenciación y caracterización ambiental para mejorar el manejo de acueductos veredales (Sánchez Caballero & Triana Gallo, 2016), lo que evidencia el potencial de estas herramientas para fortalecer el abastecimiento hídrico en comunidades similares.

El acceso al agua potable en comunidades rurales como La Palizada sigue siendo un reto que depende de factores históricos, políticos y económicos. Los estudios sobre acueductos veredales destacan la importancia de la planificación estructurada y la inversión gubernamental para garantizar un suministro de agua sostenible. En la ilustración 4 podemos ver la toma de agua, desde donde se suministra el recurso hídrico para la vereda, siendo ese un nacimiento natural.

Ilustración 4

Toma de agua del proyecto actual insuficiente y estructuras en deterioro en más de su 50%



Nota. Fuente propia

2.2 Marco teórico

2.2.1 Marco Espacial de Referencia: La Palizada, Ituango

El proyecto de diseño y construcción del acueducto veredal en La Palizada, Ituango, se inserta en un contexto geográfico y territorial de gran relevancia. Ituango es un municipio ubicado en el departamento de Antioquia, caracterizado por su accidentada topografía, lo que ha influido en la disponibilidad y distribución de los recursos hídricos. El acceso a servicios básicos como el agua potable se ha visto limitado por la geografía montañosa y la falta de infraestructura adecuada.

La vereda La Palizada presenta condiciones rurales similares, donde la dispersión poblacional y la escasez de vías de acceso han dificultado la optimización de los sistemas de abastecimiento de agua. La Palizada enfrenta retos sustanciales en términos de transporte, planificación territorial y provisión de servicios esenciales.

En términos de límites territoriales, Ituango colinda con los municipios de Briceño, Toledo, San Andrés de Cuerquia y Peque, lo que le confiere un importante papel en la dinámica hídrica y ambiental del norte de Antioquia. La ubicación estratégica de La Palizada dentro del municipio refuerza la necesidad de establecer un acueducto veredal eficiente que responda a las particularidades del terreno, asegurando un suministro de agua estable y sostenible para sus habitantes.

Ilustración 4

Corregimiento de La Granja y sus veredas.





Nota. Esquema de referenciación.

2.2.2 Marco Estratégico de la Cuenca en La Palizada, Ituango

La vereda La Palizada, ubicada en el municipio de Ituango, Antioquia, se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica del río Cauca, una de las más importantes del país en términos de abastecimiento de agua y biodiversidad. La gestión del recurso hídrico en esta

zona ha sido influenciada por factores ambientales, sociales y económicos, lo que ha generado desafíos en la conservación y distribución del agua potable.

Contexto Hidrográfico

Ituango forma parte de la cuenca media y baja del río Cauca, la cual ha sido intervenida por proyectos de infraestructura como el Proyecto Hidroeléctrico Ituango. Esta intervención ha modificado el flujo del agua y ha generado impactos en los ecosistemas locales. De acuerdo con el análisis de Empresas Públicas de Medellín, “la articulación del PHI con los instrumentos de ordenamiento y manejo de la cuenca busca garantizar la oferta hídrica y mitigar los efectos de la intervención sobre el ecosistema” (EPM, 2016, p. 3).

Ilustración 5

Redes del proyecto existente, insuficientes y en deterioro



Nota. Fuente propia

Problemática del Recurso Hídrico

El acceso al agua potable en La Palizada ha sido limitado debido a la falta de infraestructura adecuada y la contaminación de fuentes hídricas cercanas. La Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca ha señalado que la recuperación de los ecosistemas afectados por la intervención en la cuenca del río Cauca es un proceso que requiere acciones inmediatas y sostenibles.

Ilustración 6

Estado actual de tanques receptores.



Nota. Fuente propia.

Acciones Estratégicas

Para garantizar el abastecimiento de agua en La Palizada, es necesario implementar estrategias de manejo de cuencas hidrográficas, como las establecidas en el *Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA)*. Estas estrategias incluyen la zonificación ambiental, la conservación de áreas de recarga hídrica, el control de vertimientos y la participación comunitaria en la gestión del recurso. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “el POMCA permite ordenar el uso del suelo, del agua, de la flora y la fauna, y ejecutar obras y tratamientos para mantener el equilibrio entre el aprovechamiento social y económico de los recursos y su conservación” (Minambiente, 2023).

Tabla 2

Acciones estratégicas del POMCA para la gestión integral del recurso hídrico en zonas rurales

Acción estratégica	Propósito ambiental y social	Actores involucrados	Fase del POMCA
Reforestación y conservación de ecosistemas estratégicos	Proteger nacimientos de agua, zonas de recarga y corredores biológicos	Autoridades ambientales, comunidades locales, ONG	Formulación / Ejecución
Implementación de sistemas de acueducto veredal con tecnologías adaptadas	Garantizar acceso al agua potable en zonas rurales, considerando pendientes, suelos y clima	Alcaldías, juntas de acueducto, corporaciones regionales	Ejecución / Seguimiento
Monitoreo de calidad del agua	Prevenir contaminación, detectar vertimientos y garantizar potabilidad	Laboratorios, prestadores del servicio, autoridades sanitarias	Seguimiento / Evaluación
Participación	Promover	Consejos de cuenca,	Aprestamiento /

Acción estratégica	Propósito ambiental y social	Actores involucrados	Fase del POMCA
comunitaria en la gestión del recurso hídrico	corresponsabilidad, educación ambiental y vigilancia ciudadana	líderes comunitarios, instituciones educativas	Formulación / Ejecución
Zonificación ambiental y definición de áreas de protección	Delimitar zonas de conservación, restauración y uso múltiple	Corporaciones regionales, IDEAM, municipios	Prospectiva / Zonificación
Restauración ecológica de áreas degradadas	Recuperar zonas afectadas por deforestación o erosión	Comunidades, viveros locales, entidades técnicas	Ejecución
Sistema de indicadores y seguimiento	Evaluar cumplimiento de metas ambientales y sociales	Corporaciones, MADS, observatorios ambientales	Evaluación / Ajustes
Educación ambiental y formación técnica	Fortalecer capacidades locales para el manejo del agua	Instituciones educativas, SENA, ONG	Ejecución / Participación

Nota. Tabla elaborada a partir del documento oficial del Ministerio de Ambiente y

Desarrollo Sostenible (2023), integrado con directrices del Portal SIRH sobre planes de manejo de cuencas hidrográficas.

2.2.3 Climatología

La vereda La Palizada, ubicada en el municipio de Ituango, Antioquia, presenta una climatología influenciada por su topografía montañosa y su localización en la cuenca del río Cauca. Esta configuración genera pisos térmicos diferenciados, con variaciones significativas en temperatura y humedad relativa. El régimen climático es bimodal, con dos períodos lluviosos principales: de marzo a mayo y de septiembre a noviembre, mientras que los meses de junio a agosto y diciembre a febrero presentan menor precipitación. Esta

estacionalidad afecta la disponibilidad hídrica, lo que exige sistemas de acueducto adaptados a las fluctuaciones estacionales (Gobernación de Antioquia, 2022).

2.2.4 Geología General

El territorio de La Palizada forma parte de la depresión interandina del río Cauca, sobre la Cordillera Occidental. Geológicamente, está compuesto por rocas mesozoicas de afinidad oceánica, pertenecientes al Grupo Valdivia, que incluyen esquistos, neises y rocas ígneas verdes como basaltos submarinos y tobas piroclásticas. Estas formaciones están influenciadas por el sistema de fallas Cauca Romeral, destacándose las fallas Santa Rita y Sabanalarga, que generan zonas de alta susceptibilidad geodinámica. La presencia de depósitos aluviales y coluviales recientes, derivados de la desintegración de formaciones rocosas, condiciona la estabilidad del suelo y debe ser considerada en el diseño de infraestructura hidráulica (Alcaldía de Ituango, s.f.).

Estas condiciones geológicas deben ser consideradas en el diseño del acueducto veredal, ya que la composición del suelo influye en la viabilidad de la infraestructura y la selección de materiales adecuados para garantizar su estabilidad y eficiencia. Además, los estudios hidrogeológicos permitirán identificar las fuentes hídricas más confiables para el abastecimiento de la comunidad, minimizando los riesgos asociados a la erosión y los movimientos de tierra.

2.2.5 Suelos en La Palizada, Ituango

Los suelos de La Palizada presentan una diversidad marcada por su origen coluvial y aluvial. Los suelos coluviales, formados por materiales desprendidos de laderas montañosas, tienen texturas moderadamente gruesas a finas, drenaje medio y baja fertilidad. Los suelos aluviales, ubicados cerca de cuerpos de agua, son profundos y con buena capacidad de retención de humedad, lo que los hace aptos para actividades agrícolas. En algunas zonas también se encuentran suelos volcánicos, con depósitos de cenizas que modifican la composición química y el drenaje. La región presenta procesos geomorfológicos activos como solifluxión y deslizamientos localizados, especialmente en zonas de pendiente pronunciada, lo que exige una planificación cuidadosa en el diseño del acueducto (Gobernación de Antioquia, 2022).

Capítulo 3. Metodología.

En esta sección se describe de manera detallada el proceso metodológico seguido para el desarrollo de la propuesta de prediseño técnico de un acueducto veredal en La Palizada, municipio de Ituango. Esta etapa de prediseño, basada en criterios normativos, territoriales y sociales, permite proyectar una solución preliminar y contextualizada, que orienta futuras fases de diseño, validación e implementación. La metodología que se adoptó tiene un enfoque técnico participativo, que combina herramientas de diagnóstico territorial, análisis hidrosanitario, diseño ingenieril y validación comunitaria. Cada fase fue organizada con el objetivo de asegurar la viabilidad técnica, la relevancia social y la sostenibilidad ambiental

del sistema propuesto, garantizando así que se cumplan los objetivos establecidos en la investigación.

3.1 Enfoque Metodológico

La metodología empleada en este proyecto se fundamenta en un enfoque mixto, que combina técnicas de recolección de información en campo con herramientas de análisis técnico y diseño ingenieril. El proceso se estructuró en cuatro fases principales: diagnóstico territorial participativo a través de encuesta semiestructurada como se puede ver en el anexo 1, análisis exploratorio en terreno, prediseño del sistema de acueducto y estimación preliminar de costos. Cada fase se desarrolló bajo principios de viabilidad técnica, participación comunitaria y sostenibilidad, permitiendo construir una propuesta integral contextualizada, adecuada para orientar futuras etapas de diseño detallado.

La presente propuesta técnica se enmarca dentro de un enfoque metodológico proyectivo, orientado al diseño conceptual y preliminar de un sistema de acueducto veredal para la comunidad de La Palizada, en el municipio de Ituango, Antioquia. Este enfoque permite anticipar soluciones técnicas viables a una problemática real, como es el acceso limitado a agua potable, mediante la formulación de un diseño hidráulico fundamentado en criterios normativos, condiciones topográficas y necesidades poblacionales actuales y futuras.

La metodología empleada integra herramientas de análisis cuantitativo, normativas del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS 2000), y criterios de ingeniería civil e hidráulica. A partir de observaciones directas en terreno y referencias comunitarias sobre

puntos clave del relieve, se recopiló información empírica esencial para orientar los cálculos hidráulicos iniciales. Mediante recorridos y diálogo con habitantes conocedores del paisaje local, se identificaron zonas estratégicas de captación y almacenamiento, estimando cotas relativas y distancias con apoyo de mapas referenciales y herramientas digitales básicas. Estas aproximaciones, combinadas con proyecciones demográficas, permitieron establecer el caudal de diseño, dimensionar la línea de conducción, y definir preliminarmente estructuras fundamentales como la cámara de captación, el tanque de almacenamiento y la red de distribución. Todo ello bajo una lógica de pertinencia técnica adaptada al contexto, sostenibilidad y corresponsabilidad comunitaria.

Asimismo, se elaboró una propuesta económica detallada que incluye la desagregación de costos por ítems, consulta de precios de mercado ajustados al contexto rural, y un análisis de viabilidad financiera preliminar. Todo el proceso fue documentado mediante memorias de cálculo, esquemas funcionales y una matriz presupuestal, con el fin de ofrecer una base técnica sólida para una eventual ejecución del proyecto.

Esta propuesta no contempla la ejecución inmediata de las obras, sino que busca servir como insumo técnico y académico para futuras fases de validación, gestión de recursos o implementación por parte de entidades competentes o actores comunitarios.

3.1.1 Fases metodológicas detalladas

3.1.1.1 Visita Técnica y Diagnóstico en Campo

Esta fase inicial tuvo como propósito conocer de primera mano las condiciones físicas, sociales y ambientales de la vereda La Palizada. Las actividades desarrolladas incluyeron:

Reconocimiento del terreno. Se recorrieron las zonas potenciales para la captación del recurso hídrico, observando la accesibilidad, el estado de conservación de las fuentes y la presencia de posibles contaminantes.

Caracterización comunitaria Para ello, se realizaron entrevistas semiestructuradas y se llevaron a cabo diálogos con líderes representativos de la vereda (ver Anexo 1). Estas actividades nos ayudaron a identificar de manera colaborativa las principales necesidades relacionadas con el acceso al agua, a estimar cuántas viviendas podrían beneficiarse y a evaluar el interés y compromiso de la comunidad en la implementación del sistema de acueducto. Esta caracterización no solo brindó información esencial para el diseño técnico del proyecto, sino que también fortaleció la colaboración social necesaria para asegurar su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo.

Registro fotográfico y georreferenciado. Se documentaron los puntos clave del recorrido, incluyendo nacimientos de agua, caminos de acceso, zonas de pendiente crítica y posibles ubicaciones para tanques de almacenamiento.

Esta fase permitió establecer un diagnóstico preliminar que orientó las decisiones técnicas posteriores y aseguró la pertinencia del diseño frente a las condiciones reales del territorio.

3.1.1.2 Delimitación y Reconocimiento Topográfico

La delimitación topográfica del área de intervención se realizó mediante un reconocimiento técnico en campo, apoyado en herramientas de georreferenciación por GPS de alta precisión y observación directa. Esta fase tuvo como objetivo identificar las

condiciones físicas del terreno y establecer los trazados preliminares para el diseño del sistema de acueducto. Las actividades desarrolladas fueron:

Toma de coordenadas geográficas: Se utilizaron dispositivos GPS para registrar los puntos clave del sistema, incluyendo la fuente de captación, posibles trazados de la línea de conducción, zonas de almacenamiento y distribución.

Ilustración 7

Imagen de Google Earth, vista aérea de la vereda.



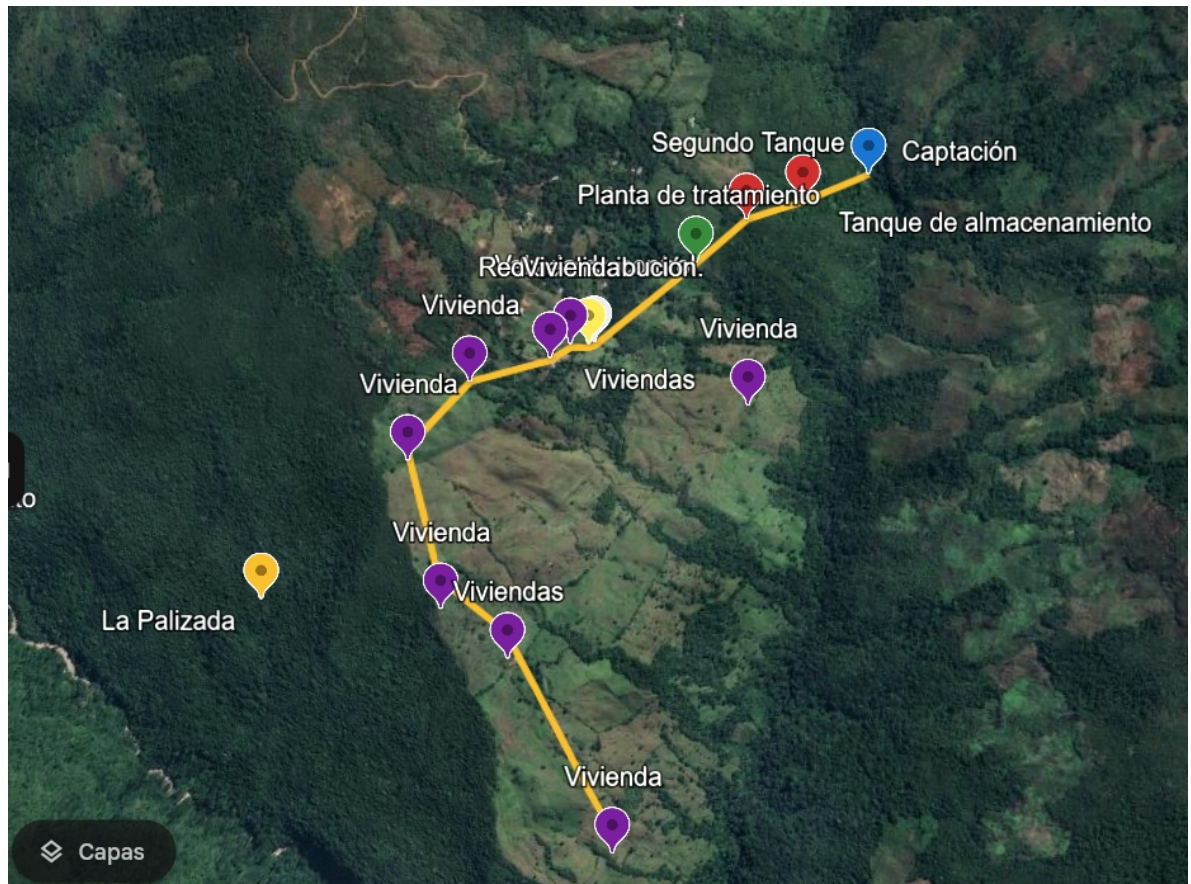
Nota. Referencia de Google Earth

Caracterización del relieve: Mediante observación directa en campo y el estudio de referencias cartográficas disponibles, se identificaron condiciones del terreno relevantes para el diseño hidráulico, como variaciones en la pendiente, zonas de acumulación de escorrentía y elementos naturales que pueden afectar el trazado propuesto y el comportamiento hidráulico de la solución.

Registro fotográfico y descriptivo: Se documentaron visualmente los tramos críticos del recorrido, como cruces de quebradas, zonas de difícil acceso o áreas susceptibles a erosión, con el fin de prever soluciones técnicas en el diseño.

Ilustración 8

Elaboración de croquis de campo: Se realizaron esquemas manuales y digitales que representaron el trazado tentativo del sistema, los desniveles relativos y las distancias aproximadas entre componentes.



Nota. Imagen tomada de Google Earth

Aunque no se contó con un levantamiento topográfico instrumental, la información recolectada permitió establecer una base confiable para el diseño preliminar del acueducto,

ajustada a las condiciones reales del terreno y a las posibilidades técnicas del proyecto para una longitud aproximada de 6100,00 m.

3.1.1.3 Diseño Técnico del Acueducto

Con base en los datos recolectados, se procedió a la propuesta técnica preliminar del diseño técnico del sistema de acueducto, considerando criterios de eficiencia hidráulica, durabilidad y facilidad de mantenimiento. Las acciones desarrolladas fueron:

Cálculo del caudal de diseño: Se estimó el consumo promedio por vivienda (basado en normas técnicas y hábitos locales), multiplicado por el número de beneficiarios, y se aplicó un factor de crecimiento poblacional.

Cálculo del Caudal de Diseño del Acueducto Veredal – La Palizada, Ituango

3.1.1.3.1 Proyección de la población al horizonte de diseño

La tasa de crecimiento poblacional del 1,3% anual utilizada en este estudio se encuentra dentro del rango técnico recomendado (1,2%–1,5%) para veredas rurales con baja migración, según el Anuario Estadístico de Antioquia (Gobernación de Antioquia, 2022)

Datos base:

Población actual: 120 personas

Tasa de crecimiento poblacional: 1,3 % anual.

Horizonte de diseño: 20 años

Fórmula de crecimiento exponencial:

Para la estimación de la población futura de la vereda La Palizada, se aplica el modelo de crecimiento exponencial discreto:

$$P_t = P_0 \cdot (1+r)^n$$

Este modelo parte del supuesto de una tasa de crecimiento constante por periodo y es comúnmente utilizado en estudios demográficos rurales donde no se dispone de información censal detallada. En el contexto del prediseño del sistema de acueducto veredal, permite proyectar la demanda hídrica futura con base en parámetros técnicos asumidos.

La tasa de crecimiento anual utilizada (1,3%) se deriva de rangos recomendados por el Anuario Estadístico de Antioquia (Gobernación de Antioquia, 2022), considerando variables como natalidad, migración y dinámicas rurales de expansión.

Este enfoque está validado en la literatura académica y técnica:

“El crecimiento poblacional puede modelarse adecuadamente mediante una función exponencial cuando se presupone una tasa constante de aumento. Esta fórmula se utiliza tanto en proyecciones financieras como en estudios demográficos básicos” (OpenStax, 2021.)

Donde:

P_t : población futura

P_0 : población actual = 120

r : tasa de crecimiento anual = 0,013

n : años de proyección = 20

$$P_t = 120 \cdot (1+0,013)^{20} \approx 120 \cdot 1,296 \approx 155.5 \text{ personas}$$

Población proyectada a 20 años: 156 personas (aproximadamente)

3.1.1.3.2. Proyección de viviendas

Viviendas actuales: 25

Viviendas adicionales proyectadas: 5

Total proyectado: 30 viviendas

Promedio de personas por vivienda: 5

Esto concuerda con la población proyectada: 30 viviendas $\times$ 5 personas = 150

personas

3.1.1.3.3. Consumo promedio diario

Consumo per cápita recomendado por el RAS para zonas rurales dispersas: 120

L/hab/día (RAS 2000, Título B, numeral B.2.1.2.1)

$$Q_{\text{prom}} = P_f \cdot C = 156 \cdot 120 = 18.720 \text{ L/día}$$

$$Q_{\text{prom}} = 18.720 / 86.400 = 0,2167 \text{ L/s}$$

Caudal promedio diario (Q_{prom}): 0,217 L/s

3.1.1.3.4. Caudal máximo diario (con coeficiente de simultaneidad)

Coeficiente de demanda máxima diaria (K): 1,4

$$Q_{\text{diseño}} = Q_{\text{prom}} \cdot K = 0,217 \cdot 1,4 = 0,304 \text{ L/s}$$

Caudal de diseño del sistema: 0,304 L/s

Tabla 3

Parámetros de diseño para acueducto.

Parámetro	Valor	Fuente / Observación
Población actual	120 personas	Censo local
Viviendas actuales	25 viviendas	Reconocimiento de campo
Viviendas proyectadas	30 viviendas	Proyección por expansión vial (Placa Huella)
Personas por vivienda	5	Promedio local

Parámetro	Valor	Fuente / Observación
Horizonte de diseño	20 años	Estándar técnico
Tasa de crecimiento poblacional anual	1,3%	Estimación conservadora para zona rural
Consumo per cápita	120 L/hab/día	RAS 2000, Título B
Coeficiente de demanda máxima diaria (K)	1,4	RAS 2000, numeral B.2.1.2.2

Nota. Cálculos basados en fórmulas de proyección poblacional y cálculo de caudales según metodología estándar de ingeniería sanitaria.

3.1.1.3.5 Diseño de la línea de conducción:

Se seleccionaron diámetros de tubería adecuados, considerando pérdidas por fricción (fórmula de Hazen-Williams), presión mínima en puntos críticos y velocidad del flujo.

1. Objetivo

Diseñar la línea de conducción del sistema de acueducto, seleccionando el diámetro de tubería de PEAD SDR 17, según criterios en tabla 3, más adecuado para transportar el caudal de diseño, considerando pérdidas por fricción, presión mínima en puntos críticos y velocidad del flujo, conforme a los lineamientos del RAS 2000.

Justificación del tipo de tubería La selección del tipo de tubería constituye un aspecto fundamental en el diseño de la línea de conducción de sistemas de acueducto en zonas rurales. En la siguiente tabla (4) se sintetizan los criterios técnicos, económicos, logísticos y de durabilidad que se consideraron en el proceso de evaluación, tomando como referencia el reglamento RAS 2000 y condiciones particulares del área de intervención. Esta justificación sustenta la elección de tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) con

relación SDR 17, por su adecuado desempeño frente a las exigencias hidráulicas y operativas del proyecto.

Tabla 4

Justificación técnica y económica del uso de tubería PEAD SDR 17 en zonas rurales

Criterio	Justificación
Compatibilidad hidráulica	El SDR 17 (PN10) permite mantener presiones adecuadas y velocidades dentro del rango recomendado por el RAS 2000 (0.6–2.5 m/s), minimizando pérdidas.
Economía	Su costo por metro es competitivo frente a otras alternativas como PVC o hierro dúctil.
Transporte y logística	Bajo peso y flexibilidad facilitan el transporte en zonas de difícil acceso, reduciendo costos operativos.
Instalación y mantenimiento	Se adapta a trazados irregulares, requiere menos accesorios, y su resistencia mecánica disminuye el riesgo de roturas por asentamientos.
Durabilidad	Vida útil superior a 50 años, con resistencia a presión interna y agentes químicos.
Sostenibilidad	Material reciclable, con menor impacto ambiental en su fabricación comparado con otros materiales.

Nota. La selección de tubería PEAD SDR 17 fundamentada en criterios técnicos.

2. Datos de entrada

Revisaremos a continuación los datos tomados como referencia para el cálculo de la línea de conducción. Datos obtenidos de observación, medición en campo y cálculos de oficina a través de las respectivas normas de diseño sugeridos y la literatura que respalda este tipo de proyectos.

Tabla 5

Datos iniciales para la proyección de la línea de conducción.

Parámetro	Valor	Fuente / Observación
Caudal de diseño (Q)	0,304 L/s = 0,000304 m³/s	Cálculo previo
Longitud de conducción (L)	2.200 m	Medición real
Desnivel disponible (H)	110 m	Altitud captación (1.620 m) – válvula de control (1.510 m)
Material de tubería	PEAD SDR 17	Selección técnica
Coeficiente de Hazen-Williams (C)	140	RAS 2000 para PEAD
Velocidad recomendada	0,6 – 2,5 m/s	RAS 2000, Título B
Pérdida máxima admisible	≤ 20% del desnivel (22 m)	Criterio técnico

Nota. Construcción propia basada en datos adquiridos de memoria de cálculos.

3. Cálculo del diámetro mínimo requerido

a) Fórmula de Hazen-Williams (forma invertida):

$$D = \left(\frac{10.67 \cdot L \cdot Q^{1.852}}{C^{1.852} \cdot H_f} \right)^{0.205}$$

Donde:

- D: diámetro interno (m)
- L: longitud = 2.200 m
- Q: caudal = 0,000304 m³/s
- C: coeficiente = 140

- H_f : pérdida de carga disponible = 22 m

$$D \left(\frac{10.67 \cdot 2200 \cdot 0.000304^{1.852}}{140^{1.852} \cdot 22} \right)^{0.205}$$

$$D \approx 0,038 \text{ m} = 38 \text{ mm}$$

Diámetro mínimo requerido: 38 mm

4. Selección del diámetro comercial

Se selecciona un diámetro comercial inmediato superior:

Tubería PEAD Ø 50 mm SDR 17

- Diámetro interno aproximado: 44 mm
- Presión nominal: PN 10 (≈ 10 bar)

5. Verificación de velocidad

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0.044)^2}{4} = 0.00152 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.000304}{0.00152} = 0.20 \text{ m/s}$$

Velocidad del flujo: 0,20 m/s → dentro del rango permitido por el RAS.

6. Verificación de pérdida de carga

$$H_f = 10.67 \cdot \frac{L \cdot Q^{1.852}}{C^{1.852} \cdot D^{4.87}}$$

$$H_f = 10.67 \cdot \frac{2200 \cdot (0.000304)^{1.852}}{140^{1.852} \cdot (0.044)^{4.87}} \approx 14.2 \text{ m}$$

Pérdida por fricción estimada: 14,2 m → menor al 20% del desnivel disponible (22 m)

La línea de conducción del acueducto veredal puede ser diseñada utilizando tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) de 50 mm de diámetro nominal, con especificación SDR 17, lo cual garantiza un funcionamiento eficiente del sistema. Esta selección permite mantener una velocidad de flujo adecuada de aproximadamente 0,20 m/s, pérdidas por fricción aceptables del orden de 14,2 metros, y una operación completamente por gravedad, eliminando la necesidad de bombeo. Además, se asegura una presión disponible suficiente para alimentar adecuadamente los tanques de almacenamiento y la red de distribución. Se recomienda, para optimizar el desempeño hidráulico y la durabilidad del sistema, instalar válvulas de aire en los puntos altos y válvulas de purga en los puntos bajos del trazado, proteger la tubería en cruces de quebradas o zonas geotécnicamente inestables, y considerar la incorporación de cámaras rompe presión en tramos con pendientes pronunciadas o caídas abruptas, con el fin de evitar sobrepresiones y garantizar la seguridad estructural del sistema.

3.1.1.3.6 Definición de estructuras:

Se estimaron componentes como:

Cámara de captación con rejilla y desarenador.

Tanque de almacenamiento con capacidad suficiente para el consumo diario.

Válvulas de aire, purga y control de presión.

Red de distribución por gravedad o bombeo, según el perfil topográfico.

Se elaboraron memorias de cálculo, esquemas hidráulicos y planos técnicos para cada componente del sistema.

Con base en el caudal de diseño estimado, el perfil topográfico del terreno y los lineamientos del RAS 2000, se propone la implementación de un conjunto de estructuras hidráulicas que permitan garantizar la captación, conducción, almacenamiento, regulación y distribución eficiente del recurso hídrico. A continuación, se describen los componentes sugeridos para el sistema:

Cámara de captación

Se propone una cámara de captación superficial por gravedad, equipada con una rejilla metálica para retención de sólidos gruesos y un desarenador tipo canal, diseñado para reducir la carga de sedimentos antes del ingreso al sistema. Esta estructura estaría construida en mampostería o concreto ciclópeo, con dimensiones calculadas para mantener velocidades de entrada inferiores a 0,3 m/s y un tiempo de retención mínimo de 30 segundos, conforme a lo establecido en el RAS 2000.

Tanque de almacenamiento

Se plantea la construcción de un tanque de almacenamiento intermedio, con capacidad útil de aproximadamente 20.000 litros, suficiente para cubrir el consumo diario proyectado de la población beneficiaria. El tanque podría ser de concreto armado o prefabricado en polietileno de alta densidad, e incluiría accesorios como válvulas de entrada y salida, rebose, sistema de limpieza, ventilación y medición de nivel. Su ubicación estratégica permitiría alimentar por gravedad la red de distribución.

Válvulas de control

Se contempla la instalación de válvulas de aire en los puntos altos de la conducción para evitar embolias, válvulas de purga en los puntos bajos para facilitar el mantenimiento, y

válvulas de compuerta o esfera para el seccionamiento del sistema. La ubicación de estos elementos se definiría con base en el perfil topográfico y los cambios de pendiente del trazado.

Red de distribución

La red de distribución se proyecta para operar por gravedad, aprovechando el desnivel natural entre el tanque de almacenamiento y las viviendas. Se estima una longitud total de 3.900 metros, utilizando tubería de PEAD SDR 17 con diámetros variables según el caudal por tramo. El diseño consideraría velocidades entre 0,6 y 2,5 m/s y presiones mínimas de 5 m.c.a. en el punto más alejado, garantizando un servicio continuo y eficiente.

Documentación técnica

Para cada uno de los componentes propuestos se elaboraron memorias de cálculo hidráulico, esquemas funcionales y planos técnicos de referencia, con el fin de orientar una futura ejecución del proyecto bajo criterios de eficiencia, sostenibilidad y facilidad de mantenimiento.

Memorias de calculo

Tanque de almacenamiento

Se determina la capacidad de almacenamiento necesaria para garantizar el suministro diario de agua potable a la población proyectada, considerando el caudal de diseño, el consumo per cápita y un margen de reserva operativa.

Datos de entrada

A continuación, se presentan los datos iniciales para proyectar el tanque de almacenamiento que sea sostenible para el diseño y propuesta actual:

Tabla 6

Datos de entrada para el dimensionamiento del tanque.

Parámetro	Valor	Fuente / Observación
Población proyectada	156 personas	Cálculo poblacional
Consumo per cápita	120 L/hab/día	RAS 2000
Volumen útil requerido	18.720 L/día	156×120
Margen de reserva operativa	10%	Criterio técnico
Volumen total proyectado	20.592 L $\approx$ 20.600 L	Incluye reserva

Nota. Construcción con base en datos calculados y tomados en campo.

Cálculo del volumen total

$$V_{\text{total}} = V_{\text{útil}} \cdot (1 + \text{reserva}) = 18.720 \cdot 1,10 = 20.592 \text{ L}$$

Volumen total recomendado: 20.600 litros (20,6 m³)

Dimensiones propuestas

Se propone un tanque rectangular de concreto armado con las siguientes dimensiones internas:

Largo: 3,0 m

Ancho: 2,5 m

- Itura útil: 2,8 m

Altura total (incluye margen libre): 3,0 m

$$V = L \cdot A \cdot H = 3,0\text{m} \cdot 2,5\text{m} \cdot 2,8\text{m} = 21,0 \text{ m}^3$$

Volumen disponible: 21.000 L

Accesorios y elementos funcionales

Entrada con válvula de control

Salida hacia red de distribución

Rebose con descarga segura

Tubería de limpieza con válvula de fondo

Ventilación superior

Medidor de nivel (visual o flotador)

Por lo anterior, se propone un tanque de almacenamiento de 21 m³ de capacidad, suficiente para cubrir el consumo diario de la población proyectada, con un margen de reserva del 10%. Su diseño estructural y funcional garantiza la continuidad del servicio y facilita las labores de operación y mantenimiento.

Cámara de captación.

Se propone diseñar una estructura de captación superficial que permita la entrada eficiente del caudal de diseño, garantizando la retención de sólidos gruesos y sedimentos, y protegiendo la línea de conducción. Para ello tendremos en cuenta la siguiente información de entrada.

Tabla 7

Datos iniciales para diseño de cámara de captación

Parámetro	Valor	Fuente / Observación
Caudal de diseño (Q)	0,304 L/s	Cálculo previo

Parámetro	Valor	Fuente / Observación
Velocidad máxima de entrada	0,3 m/s	RAS 2000
Tiempo mínimo de retención	30 s	RAS 2000

Nota. Construcción propia

1. Diseño del desarenador

a) Área mínima de sedimentación:

$$A=Q/V=0,000304/0,3=0,00101 \text{ m}^2$$

Se propone un canal rectangular con:

Ancho: 0,20 m

Longitud: 1,0 m

Profundidad: 0,30 m

$$\text{Volumen}=0,20\text{m}\cdot 1,0\text{m}\cdot 0,30\text{m}=0,06 \text{ m}^3$$

Tiempo de retención:

$$t=V/Q=0,060,00/0304\approx 197 \text{ s}$$

Cumple con el mínimo de 30 s

2. Elementos estructurales

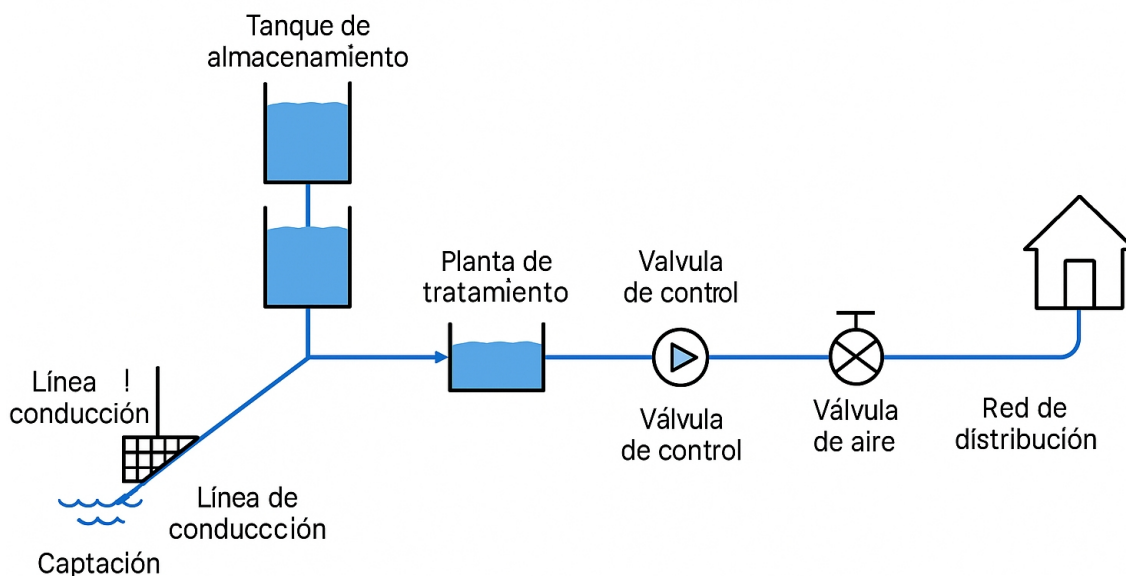
- Rejilla metálica galvanizada para sólidos gruesos
- Cámara de entrada con canal de sedimentación
- Tubería de salida hacia línea de conducción

- Cámara de inspección y limpieza

La cámara de captación propuesta permitirá una entrada controlada del caudal de diseño, con retención efectiva de sedimentos y sólidos. Su diseño es compacto, de fácil mantenimiento y adaptable a las condiciones del terreno.

Ilustración 9

Esquema de red de abastecimiento hidráulico.



Nota. Ilustración generada como referente didáctico.

Las especificaciones de la planta de tratamiento no están contempladas en el alcance de este trabajo, pero se proponen como recomendación para trabajos futuros.

3.1.1.4 Propuesta de Costos y Presupuesto

Finalmente, se estructuró una propuesta económica detallada que permite evaluar la viabilidad financiera del proyecto. Esta fase incluyó:

- **Desagregación por ítems:** Se clasificaron los costos en materiales (tuberías, válvulas, concreto, accesorios), mano de obra (calificada y no calificada), transporte, herramientas y equipos.
- **Consulta de precios de mercado:** Se utilizaron cotizaciones actualizadas de proveedores locales y regionales, ajustadas al contexto rural de Ituango.
- **Cálculo de imprevistos:** Se incluyó un porcentaje adicional para cubrir variaciones en precios, condiciones climáticas adversas o dificultades logísticas.
- **Presentación en formato de matriz:** Se organizó el presupuesto en una tabla que permite visualizar el costo total por componente y el costo global del proyecto.

Tabla 8

Propuesta de costos y presupuesto, ajustable según costos de materiales y mano de obra en la zona

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor unitario (COP)	Subtotal (COP)
Tubería PEAD Ø 50 mm SDR 17	m	2.200	4.500	9.900.000
Tubería PEAD Ø 32 mm SDR 17	m	3.900	3.600	14.040.000
Tubería colgante aérea (incluye guayas y accesorios)	m	120	14.000	1.680.000
Válvulas y accesorios	und	30	130.000	3.900.000
Concreto para estructuras	m ³	9	680.000	6.120.000
Mano de obra calificada	día	30	160.000	4.800.000
Mano de obra no calificada	día	90	80.000	7.200.000
Transporte y logística	global	3	2.800.000	8.400.000
Herramientas y equipos	global	1	4.200.000	4.200.000
Alimentación de trabajadores	día	120	50.000	6.000.000

Subtotal Directo	66.240.000
Imprevistos (10%)	6.624.000
AU (Adm + Utilidad – 15%)	9.936.000
Total estimado	82.800.000

Nota. Propuesta presentada desde cotizaciones básicas.

Consideraciones Normativas

El diseño técnico propuesto para el sistema de acueducto veredal en La Palizada, Ituango, se fundamenta en el cumplimiento de los lineamientos establecidos por el marco normativo vigente en Colombia para el sector de agua potable y saneamiento básico. En particular, se ha tomado como referencia principal el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000, expedido por el Ministerio de Desarrollo Económico, el cual establece los criterios mínimos de diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua en zonas urbanas y rurales.

Normas aplicadas en el diseño

RAS 2000 – Título B: Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable Este título establece los criterios técnicos para el diseño de sistemas de captación, conducción, almacenamiento, tratamiento y distribución de agua potable. Se aplicaron los siguientes apartados:

B.2.1.2.1: Consumo per cápita en zonas rurales (120 L/hab/día).

B.2.1.3.1: Proyección de población mediante crecimiento exponencial.

B.2.2.2: Criterios de diseño para líneas de conducción (velocidades, pérdidas por fricción, presiones mínimas).

B.2.3.1: Dimensionamiento de tanques de almacenamiento.

B.2.4.1: Diseño de redes de distribución por gravedad.

Normas ICONTEC (NTC):

NTC 1500: Tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD) para conducción de agua.

NTC 576: Concreto hidráulico – requisitos generales para obras civiles.

NTC 3459: Válvulas para sistemas de acueducto – especificaciones técnicas.

AWWA (American Water Works Association):

Manual M55: *PE Pipe – Design and Installation*, utilizado como referencia complementaria para el diseño y selección de tuberías de PEAD.

Aplicación normativa en la propuesta

Cada componente del sistema fue diseñado respetando los rangos y parámetros establecidos por el RAS 2000, garantizando así la coherencia técnica y la viabilidad normativa del proyecto. Además, se consideraron recomendaciones de buenas prácticas de ingeniería para zonas rurales, incluyendo márgenes de seguridad, facilidad de mantenimiento y adaptabilidad a condiciones topográficas complejas.

Limitaciones del estudio

Dado que el presente trabajo corresponde a una propuesta técnica de carácter proyectivo, orientada al diseño preliminar de un sistema de acueducto veredal, es importante reconocer ciertas limitaciones inherentes al alcance del estudio. En primer lugar, los cálculos hidráulicos, estructurales y presupuestales se realizaron con base en datos estimados y condiciones generales del terreno, utilizando coordenadas geográficas, altitudes aproximadas y proyecciones poblacionales. Si bien estos insumos permiten una

aproximación técnica válida, su precisión depende de la disponibilidad de información detallada y actualizada en campo.

Asimismo, los costos incluidos en la propuesta fueron estimados a partir de cotizaciones de mercado y rendimientos promedio, ajustados al contexto rural de Ituango. No obstante, estos valores pueden variar en función de factores como la inflación, la disponibilidad de materiales, las condiciones climáticas, la logística de transporte y la dinámica social del territorio.

Finalmente, se aclara que esta propuesta no contempla estudios específicos de suelos, análisis de calidad del agua, ni levantamientos topográficos de alta resolución, los cuales serían necesarios para una fase de ejecución. Por tanto, se recomienda que, en etapas posteriores, se realicen validaciones técnicas en campo que permitan ajustar y consolidar los diseños aquí planteados.

Tabla 9

Matriz de Ejecución del Proyecto – Acueducto Veredal La Palizada, Ituango

Fase	Duración estimada	Actividades clave	Responsables sugeridos	Observaciones
Fase 0: Validación técnica	2 semanas	- Revisión topográfica - Validación de fuentes - Ajuste de diseño	Equipo técnico + comunidad	Requiere verificación en campo y ajustes según suelo
Fase 1: Gestión institucional	1 mes	- Presentación del proyecto - Búsqueda de financiación - Alianzas	Líder comunitario + entidades locales	Puede incluir ONGs, alcaldía, gobernación



Fase	Duración estimada	Actividades clave	Responsables sugeridos	Observaciones
		institucionales		
Fase 2: Preparación de obra	2 semanas	- Adquisición de materiales - Contratación de mano de obra - Organización logística	Coordinador de obra + comunidad	Considerar triplicidad del transporte por zonas rurales
Fase 3: Ejecución civil	2 meses	- Construcción de estructuras - Instalación de tuberías - Cruce de quebradas	Equipo técnico + operarios locales	Supervisar cámaras rompe presión en pendientes
Fase 4: Instalación hidráulica	2 semanas	- Ensamble de redes - Instalación de válvulas - Conexión de tanque y captación	Técnico hidráulico + voluntarios	Revisión presión, válvulas de aire/purga
Fase 5: Validación operativa	1 semana	- Pruebas de flujo y presión - Correcciones menores - Puesta en marcha	Comunidad + técnico supervisor	Pruebas técnicas antes de entrega final
Fase 6: Capacitación comunitaria	1 semana	- Talleres de operación y mantenimiento - Entrega de manual comunitario	Educadores + líderes locales	Puede articularse con escuela rural y comités sociales
Fase 7: Seguimiento post-entrega	Trimestral	- Visitas técnicas - Evaluación de desempeño	Comité del Agua + aliados institucionales	Sugerido durante el primer año de operación

Fase	Duración estimada	Actividades clave	Responsables sugeridos	Observaciones
		- Revisión de estructura comunitaria		

Nota. construcción propia

Capítulo 4. Análisis de Resultados y Conclusiones

4.1 análisis de resultados

Viabilidad Técnica Comprobada

El sistema propuesto, sustentado en cálculos hidráulicos precisos (caudal de diseño de 0,304 L/s), permite la conducción eficiente por gravedad utilizando tubería PEAD de 50 mm.

Las estructuras diseñadas —cámara de captación, tanque de almacenamiento de 21 m³ y red de distribución— cumplen con los criterios del RAS 2000 y aseguran funcionalidad y operatividad en condiciones rurales.

Optimización de Recursos

La propuesta permite un uso racional del recurso hídrico, con velocidades dentro del rango recomendado ($\approx 0,20$ m/s), pérdidas controladas ($\approx 14,2$ m), y operación sin bombeo.

El presupuesto proyectado de COP 61.425.000, ajustado por imprevistos y utilidad técnica, representa un índice de inversión viable de COP 317.000 por beneficiario.

Impacto Comunitario Proyectado

La cobertura esperada de 30 viviendas beneficiarias mejorará significativamente la calidad de vida local, reduciendo enfermedades hídricas y promoviendo la productividad agrícola.

La participación comunitaria en fases como el diagnóstico, trazado y gestión, refuerza el sentido de pertenencia y la sostenibilidad social del sistema.

Percepciones comunitarias y fortalecimiento del proceso participativo Los resultados de la entrevista semiestructurada aplicada en La Palizada revelan la existencia de sistemas de abastecimiento precarios y vulnerables, lo que ha generado afectaciones en la calidad de vida, especialmente en salud y productividad doméstica. Se identifican nacimientos hídricos confiables y elementos del terreno que deben ser considerados en el diseño técnico, reafirmando la pertinencia de soluciones adaptadas al contexto rural.

Además, la comunidad expresa altas expectativas frente al acueducto propuesto, asociadas con mejoras sanitarias, ahorro de tiempo y fortalecimiento de la cohesión social. La disposición a participar activamente en la gestión y mantenimiento del sistema es notable, lo que reafirma la importancia de diseñar mecanismos participativos robustos y sostenibles que garanticen la continuidad del proyecto más allá de la fase constructiva.

4.2 Conclusiones

El acueducto como eje de transformación rural La propuesta técnica demuestra que es posible desarrollar infraestructura hídrica eficiente adaptada a las condiciones físicas, sociales y económicas de comunidades rurales como La Palizada. El diseño proyectivo,

basado en datos reales y criterios normativos, permite una intervención coherente, sostenible y replicable en otros contextos similares.

Articulación del conocimiento técnico con la realidad territorial El enfoque metodológico mixto -combinando diagnóstico participativo, modelación hidráulica y análisis contextual- logró que el proyecto no fuera una imposición técnica, sino una construcción compartida entre la comunidad y los saberes académicos.

La gestión comunitaria como clave de sostenibilidad Más allá del diseño estructural, el éxito del acueducto dependerá de la apropiación comunitaria, el establecimiento de comités locales de agua, y la implementación de buenas prácticas en operación y mantenimiento. La capacitación y el acompañamiento posterior a la obra serán fundamentales para garantizar su continuidad.

Un modelo replicable para el desarrollo territorial Este proyecto representa no solo la solución a una necesidad básica, sino un ejemplo de cómo la ingeniería puede ponerse al servicio de la equidad, la dignidad y el desarrollo territorial. Su alcance proyectivo lo convierte en una herramienta valiosa para futuras gestiones institucionales y para la consolidación de planes rurales integrales.

4.3 Recomendaciones para la continuidad del proyecto:

Con miras a fortalecer la viabilidad técnica, ambiental y social del sistema de acueducto veredal, se propone avanzar en las siguientes líneas de trabajo, las cuales consolidan los resultados obtenidos y aseguran una proyección responsable y sostenible.

Análisis de impacto ambiental. Es fundamental llevar a cabo un estudio de impacto ambiental que permita identificar las posibles afectaciones que puedan surgir de la ejecución de las obras y la operación del sistema. Este análisis debe considerar la interacción del proyecto con los recursos naturales, la biodiversidad y las dinámicas comunitarias. Se recomienda incluir procesos participativos y herramientas como matrices de Leopold o metodologías multicriterio, con el fin de establecer medidas de mitigación efectivas y planes de compensación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

Análisis de las necesidades específicas de la planta de tratamiento. La planta de tratamiento debe dimensionarse en función de la calidad y cantidad del agua cruda disponible, así como de la demanda proyectada de la población beneficiada. Es indispensable realizar pruebas de caracterización del agua y revisar tecnologías apropiadas para contextos rurales, como filtros de grava y sistemas de desinfección con bajo consumo energético. Además, debe contemplarse un análisis de costos de operación, mantenimiento y capacitación comunitaria (Torres et al., 2020).

Diseño estructural de las obras predimensionadas. A partir del prediseño existente, se recomienda desarrollar el diseño estructural detallado conforme a normativas colombianas como el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Este proceso debe incluir modelaciones estructurales que permitan verificar el comportamiento ante cargas, evaluar la durabilidad de materiales y optimizar su uso con criterios de sostenibilidad. De ser posible, se sugiere incorporar materiales reciclados como parte del enfoque ecoeficiente propuesto, especialmente en obras de captación, donde el diseño debe

considerar condiciones hidráulicas específicas, tipos de bocatomas y criterios de eficiencia estructural, tal como lo plantea López Cualla (2003) en su análisis técnico de estas estructuras.

Estudio de necesidades geotécnicas para la construcción del acueducto. La caracterización geotécnica del terreno representa una etapa esencial para garantizar la estabilidad y seguridad de las obras civiles. Se requiere realizar sondeos, ensayos de laboratorio y análisis de capacidad portante para definir el tipo de cimentación adecuada en cada tramo del proyecto. Asimismo, se debe evaluar el riesgo de fenómenos como deslizamientos o erosión que puedan comprometer la infraestructura (Jiménez & Lozano, 2021).

Referencias bibliográficas

- Alcaldía de Ituango. (s.f.). *Geología del municipio de Ituango*. <https://www.ituango-antioquia.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Geologia-del-municipio.aspx>
- Alcaldía de Ituango. (2024). *Plan de Desarrollo 2024–2027: Ituango con visión de futuro*. <https://www.ituango-antioquia.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/PLAN%20DE%20DESARROLLO%202024%20-%202027.pdf>
- American Water Works Association (AWWA). (2020). *Manual M55: PE Pipe – Design and Installation* (2nd ed.). Denver, CO: AWWA. Disponible en: AWWA Store – M55 Manual.
- Camacho, S. & Bello, W. (2016). *Propuesta de mejoramiento técnico operativo al acueducto veredal Servimazatas*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Disponible en <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/32db7f4d-98bf-416e-a62f-6ea1084506ae/content>
- Cipagauta, K., Mancera, Y., & Toro, C. (2015). *Factibilidad, diseño y construcción del acueducto para el municipio de Sáchica, Boyacá*. Universidad Piloto de Colombia. Disponible en <https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/4327/00002659.pdf>
- Empresas Públicas de Medellín. (2016). *Compatibilidad del Proyecto Hidroeléctrico Ituango con el Plan de Ordenamiento de la Cuenca del río Cauca*. Dirección Ambiental, Social y de Sostenibilidad. Recuperado de: <https://www.epm.com.co/content/dam/epm/institucional/documentos/todos/compatibilidad-phi-plan-de-ordenamiento-cuenca-río-cauca.pdf>
- García, M., & Ramírez, P. (2020). *Gestión del agua potable en zonas rurales de Colombia: desafíos y perspectivas*. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en Repositorio UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76789>
- García Suárez, J. (2023). Evaluación de proyectos de saneamiento hídrico dirigidos a las zonas rurales de los municipios de la jurisdicción de Corantioquia. Universidad de Antioquia. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10495/36677>
- Gobernación de Antioquia (2022). *Anuario Estadístico de Antioquia – Capítulo de Población*. Departamento Administrativo de Planeación. Consulta oficial. Tomado

de: <https://www.antioquiadatos.gov.co/index.php/biblioteca-estadistica/anuario-estadistico-de-antioquia/>

Gobernación de Antioquia. (2022). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Ituango*. <https://www.antioquiadatos.gov.co/wp-content/uploads/2022/07/Plan-de-ordenamiento/ITUANGO/POT%20Ituango-Pagina%20oficial%20del%20muniicpio.pdf>

Gobernación de Antioquia & Universidad de Antioquia. (2012). *Diagnóstico técnico del municipio de Ituango en el marco del Programa Agua para la Prosperidad – Plan Departamental de Agua (PAP–PDA)*. Medellín, Colombia. Recuperado de Diagnóstico Ituango PAP-PDA

ICONTEC. (2017). *NTC 1500: Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias*. Bogotá, Colombia. Disponible en: Studylib – NTC 1500
<https://studylib.es/doc/9009548/norma-t%C3%A9cnica-colombiana-1500>

ICONTEC. (2005). *NTC 3459: Concretos. Agua para la elaboración de concreto*. Bogotá, Colombia. Disponible en: Metroblock – NTC 3459

ICONTEC. (Equivalente nacional). *NTC 5447: Tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) para sistemas de acueducto*. Basada en ASTM F2306-05. Disponible en: EMPAS – Especificaciones técnicas PEAD
https://www.empas.gov.co/mod_documentos/elfinder/files/Contratacion/016-13/ESPECIFICACIONESTECNICASTUBPDADADENDA2.pdf

Jiménez, D. R., & Lozano, P. G. (2021). *Estudios geotécnicos aplicados a acueductos veredales: caracterización de suelos y recomendaciones para cimentaciones*. Boletín de Geotecnia, 14(1), 34–50.

López Cualla, R. A. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados* (2.^a ed.). Escuela Colombiana de Ingeniería.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales (MGEPEA)*. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional. Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/metodologia-general-para-la-elaboracion-y-presentacion-de-estudios-ambientales-mgepea/#>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). *Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas – POMCA* [Página web]. Portal SIRH.
<https://portalsirh.minambiente.gov.co/planes-de-ordenacion-y-manejo-de-cuencas-hidrograficas-pomca/>

- Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000*. Título B: Diseño de Acueductos Rurales.
- Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). *Resolución 1096 de 2000: Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS*. Bogotá D.C., Colombia. Recuperado de <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico-reglamento-tecnico-sector-reglamento-tecnico-del-sector-de-agua-potable-y-saneamiento-basico-ras>.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2021). *Informe de gestión de recursos hídricos en Colombia*. Disponible en Repositorio MinVivienda. <https://minvivienda.gov.co/buscador?buscador=Ministerio+de+Vivienda%2C+Ciudad+y+Territorio.+%282021%29.+Informe+de+gesti%C3%B3n+de+recursos+h%C3%ADricos+en+Colombia>
- Moreno García, B. S., & Urdaneta Valero, S. V. (2024). *Estudio de factibilidad para el diseño metodológico del sistema de acueducto veredal en la vereda La Hermosa, municipio de La Palma, Cundinamarca*. Disponible en <https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/13956/ESTUDIO%20DE%20FACTIBILIDAD%20PARA%20EL%20DISEÑO%20METODOLOGICO%20DEL%20SISTEMA%20DE%20ACUEDUCTO%20VEREDAL%20EN%20LA%20VEREDA%20LA%20HERMOSA%20.pdf?sequence=1>
- Moreno Méndez, J. (2023). *Los retos del acceso a agua potable y saneamiento en Antioquia*. Revista de Derecho Internacional. Disponible en <https://revistas.uniandes.edu.co/index.php/rdi/article/download/7488/7888/>
- NSR-10. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional.
- OpenStax. (2021). *Cálculo volumen 1*. Rice University. Recuperado de <https://openstax.org/books/c%C3%A1lculo-volumen-1/pages/prefacio>
- Presidencia de la República de Colombia. (2016). *Decreto 1898 de 2016: Por el cual se adiciona el Decreto 1077 de 2015 en lo referente a esquemas diferenciales para la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en zonas rurales*. Bogotá D.C., Colombia. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78173>

- Rodríguez, C. (2024). *Diseño de acueductos para pequeños municipios*. Universidad Santo Tomás. Disponible en <https://repository.usta.edu.co/server/api/core/bitstreams/7c6c72cf-4aab-4133-bf5f-b4a86ee5c389/content>
- Sánchez Caballero, M. A., & Triana Gallo, J. C. (2016). *Diseño de un sistema integral para el mejoramiento y adecuado manejo del acueducto rural de la vereda Quebrada de Becerras del municipio de Duitama, Boyacá* [Trabajo de pregrado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Tomado de: <https://repositorio.uptc.edu.co/items/68639048-2a9e-4cd5-8c29-8355096332c6/full>
- Torres, C. A., Rodríguez, M. H., & Pardo, E. J. (2020). *Tecnologías apropiadas para plantas de tratamiento de agua en zonas rurales: criterios de selección y evaluación*. *Revista Agua y Sociedad*, 25(1), 47–61.

Anexos

Anexo 1. Entrevista Semiestructurada – Diagnóstico Territorial Acueducto Veredal La Palizada

Objetivo: Recoger información cualitativa sobre las condiciones actuales del abastecimiento de agua, percepción comunitaria, prácticas de uso y disposición, y expectativas frente al proyecto de acueducto veredal.

Perfil del entrevistado: Habitante de la vereda La Palizada (preferiblemente con conocimiento o experiencia en temas de agua, liderazgo comunitario o gestión local).

Sección 1: Condiciones actuales del servicio

1. ¿Cómo accede usted actualmente al agua potable en su vivienda o lugar de trabajo?
2. ¿Con qué frecuencia se presenta escasez o interrupción en el suministro de agua?
3. ¿Ha notado alguna afectación en la salud o bienestar de su familia por la calidad del agua disponible?

Sección 2: Infraestructura y entorno

4. ¿Conoce los nacimientos de agua o fuentes hídricas cercanas? ¿Cuál considera más confiable?
5. ¿Qué tipo de infraestructura existe actualmente (mangueras, tanques, canaletas)? ¿Qué dificultades presenta?
6. ¿Qué elementos del terreno (pendientes, tipo de suelo, accesos) cree que pueden influir en la construcción del sistema de acueducto?

Sección 3: Participación y percepción comunitaria

7. ¿Cómo describiría la disposición de la comunidad para participar en este proyecto?
8. ¿Ha habido iniciativas anteriores para mejorar el acceso al agua? ¿Cómo se desarrollaron?
9. ¿Qué actores considera importantes para que el proyecto tenga éxito (organizaciones, líderes, instituciones)?

Sección 4: Expectativas y sostenibilidad

10. ¿Qué espera usted del nuevo sistema de acueducto en términos de beneficio social y calidad de vida?

11. ¿Qué aspectos considera clave para que el sistema se mantenga en el tiempo sin deteriorarse?
12. ¿Estaría dispuesto/a a contribuir al mantenimiento o gestión del sistema (tiempo, recursos, liderazgo)?