RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Carlos Eduardo Lasso Ramírez Carlos Alberto Bautista Botello
FACULTAD	Ingenierías
PLAN DE ESTUDIOS	Especialización en interventoría de obras civiles
DIRECTOR	Msc. Yirley Astrid Blanco Manzano
CODIRECTOR (si aplica)	No aplica
TÍTULO DE LA TESIS	Guía para la interventoría técnica de proyectos de renovación de alcantarillado sanitario convencional en el municipio de Tibú, norte de Santander
TITULO EN INGLES	Guide for technical supervision of conventional sanitary sewer renovation projects in the municipality of Tibu, norte de Santander

RESUMEN

El presente trabajo desarrolló una guía técnica para la interventoría de proyectos de renovación de alcantarillado sanitario convencional en el municipio de Tibú, norte de Santander. a partir del análisis de la resolución 0330 de 2017, las normas eaab-esp y las ntc aplicables, se determinaron los parámetros de evaluación técnica, se diseñaron once instrumentos de seguimiento y control por etapa constructiva, y se consolidó un documento integral que facilita la supervisión técnica objetiva y verificable en municipios de sexta categoría.

RESUMEN EN INGLES

this study developed a technical guide for the supervision of conventional sanitary sewer renovation projects in the municipality of Tibu, norte de Santander. based on an analysis of resolution 0330 of 2017, the applicable eaab-esp standards, and the ntc standards, the technical evaluation parameters were determined, eleven monitoring and control instruments were designed for each construction phase, and a comprehensive document was compiled to facilitate objective and verifiable technical supervision in sixth-category municipalities.

PALABRAS CLAVES	Interventoría, Alcantarillado, Parámetros, Instrumentos, Normativa
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Supervision, Sewer Systems, Parameters, Instruments, Regulations

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS:81	PLANOS:0	ILUSTRACIONES:4	CD-ROM:0

Guía Para La Interventoría Técnica De Proyectos De Renovación De Alcantarillado Sanitario Convencional En El Municipio De Tibú, Norte De Santander.

Carlos Eduardo Lasso Ramírez

Carlos Alberto Bautista Botello

Facultad De Ingenierías, Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña

Especialización En Interventoría De Obras Civiles

Ing. Msc. Yirley Astrid Blanco Manzano

Abril, 2026

Índice

Capítulo 1. Guía para la interventoría técnica de proyectos de renovación de alcantarillado sanitario convencional en el municipio de Tibú, norte de Santander. 7

1.1. Planteamiento del problema 7

1.2. Formulación del problema 9

1.3. Objetivos 10

1.3.1. Objetivo general 10

1.3.2. Objetivos específicos 10

1.4. Justificación 11

1.5. Delimitaciones 12

1.5.1. Geográficas. 12

1.5.2. Temporales. 14

1.5.3. Conceptuales. 14

1.5.4. Operativa. 15

Capítulo 2. Marco referencial 16

2.1. Marco histórico 16

2.1.1. Antecedentes 16

2.2. Marco conceptual 18

2.3. Marco contextual 21

2.4. Marco teórico 22

2.5. Marco legal 23

- Ley 80 de 1993 y Ley 1150 de 2007 23
- Ley 1474 de 2011 24
- Ley 388 de 1997 24
- Decreto 1077 de 2015 24
- Decreto 0799 de 2021 24
- Norma ISO 14001:2015 25
- Normas ASTM D1784 25

Capítulo 3. Diseño Metodológico 26

3.1. Tipo De Investigación 26

3.2. Seguimiento Metodológico Del Proyecto 26

3.2.1. Fase 1: Identificación y análisis normativo 26

3.2.2. Fase 2: Diseño de instrumentos de seguimiento y control 27

3.2.3. Fase 3: Elaboración de la guía técnica para la interventoría. 27

3.3. Población 28

3.4. Muestra 28

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de la información 29

3.6. Análisis de la información 29

Capítulo 4. Resultados 30

4.1. Determinar los parámetros de evaluación para la supervisión técnica en proyectos de alcantarillado sanitario con tubería de PVC estableciendo los controles de calidad que garanticen su adecuada implementación. 30

4.1.1. Etapa de planificación 34

4.1.2. Localización y replanteo topográfico 36

4.1.3. Demoliciones y excavaciones 37

4.1.4. Entibados 39

4.1.5. Materiales de cimentación 40

4.1.6. Instalación de tubería 41

4.1.7. Instalación de pozos de inspección 43

4.1.8. Cajas de inspección 44

4.1.9. Instalación de rellenos..... 46

4.1.10. Recuperación de zonas verdes y duras 48

4.1.11. Recibo de obras..... 48

4.1.12. Mano de obra y equipos..... 50

4.2. Diseñar instrumentos de seguimiento y control técnico mediante formatos de chequeo que permitan verificar la calidad en proyectos de alcantarillados sanitarios convencionales. 52

4.2.1. Criterios técnicos considerados para la estructuración de los formatos 52

4.2.2. Sistema de instrumentos de seguimiento y control técnico estructurado por fases del proyecto..... 54

4.2.3. Fase de planeación 54

4.2.4. Fase de ejecución 55

4.2.5. Fase de liquidación y cierre técnico..... 62

4.2.6. Integración del sistema 63

4.2.7. Aplicabilidad institucional de los instrumentos en el municipio de Tibú..... 63

4.2.8. Aporte técnico e institucional de la propuesta 66

4.3. Crear una guía para la interventoría técnica de proyectos de renovación de alcantarillado sanitario convencional en el municipio de Tibú mediante formatos que faciliten

la verificación de especificaciones técnicas y el cumplimiento de buenas prácticas constructivas… 69

Conclusiones…. 70

Recomendaciones 72

Referencias……..... 74

Capítulo 1. Guía para la interventoría técnica de proyectos de renovación de alcantarillado sanitario convencional en el municipio de Tibú, norte de Santander.

1.1. Planteamiento del problema

En Colombia, en los últimos años se ha visto un avance en la ampliación de las coberturas de acueducto y alcantarillado debido a políticas impulsadas por el departamento nacional de planeación (DNP) llamado cierre de brechas, que grosso modo consiste en reducir las desigualdades territoriales, sociales, económicas e institucionales con la finalidad de garantizar un desarrollo más equitativo en todo el país. Aun así, aun persiste esta desigualdad que se combate especialmente en municipios de sexta categoría que su ubicación geográfica está en zonas remotas o muy alejadas de las ciudades principales y que también tienen unos comportamientos sociales particulares basadas en la violencia que ha azotado el país desde hace más de medio siglo. El rápido crecimiento poblacional en algunas zonas del país, combinado con la falta de recursos y la necesidad de implementar sistemas de alcantarillado, ha llevado a la comunidad a construir infraestructuras por cuenta propia. Sin embargo, estas soluciones, mayormente carentes de estudios y diseños, buscan un bienestar sectorial a corto plazo. Lamentablemente, estas acciones improvisadas generan daños y contaminaciones a largo plazo debido al inadecuado uso de los materiales. Ante esta problemática, el Estado, mediante las entidades municipales busca intervenir las redes de alcantarillado no convencionales, reemplazándolas con tubería moderna de PVC, en conformidad con las normativas nacionales del Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento (RAS) y su actualización mediante la Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT).

Lo anterior se evidencia en el reporte hecho por el departamento nacional de planeación a nivel nacional se registra que en 1993 que en zona urbana se tiene una cobertura del 95% a nivel nacional y para el año 2013 se ha incrementado al 97,2% de cobertura; entendiendo las dinámicas de expansión de la zona urbana y la vida útil de los sistemas de alcantarillado ese avance porcentual representa un avance significativo en materia de acceso a este servicio. (Departamento Nacional de Planeación, 2014).

A pesar de estos logros a nivel nacional, el municipio de Tibú ha enfrentado un desafío persistente en la implementación efectiva de estas políticas. La limitación de recursos por bajos ingresos corrientes de libre destinación y este condiciona el ingreso de destinación específica y El rápido crecimiento poblacional en el casco urbano de Tibú, ha llevado a la comunidad a construir infraestructuras por cuenta propia. Sin embargo, estas soluciones, mayormente carentes de estudios y diseños, buscan un bienestar sectorial a corto plazo. Lo anterior, ha contribuido al rezago en la infraestructura de alcantarillado sanitario. Según el Plan de Desarrollo 2024-2027, la cobertura de alcantarillado del Municipio de Tibú corresponde a un 46,0% (Alcaldía municipal de Tibú, 2024), muy por debajo de la cobertura de la media nacional que alcanza un 67,2%, lo cual deja entrevisto que su población está en riesgo ambiental por el mal manejo de las aguas residuales. En el informe nacional de coberturas de los servicios públicos AAA, allí se hace un resumen de la información reportada en la plataforma SUI (Superintendencia de servicios públicos domiciliarios), en los municipios del departamento de Norte de Santander presentan una mediana de 37% con tendencia a tener una cobertura más baja del país. (Superintendencia de servicios públicos domiciliarios, 2020)

el crecimiento poblacional acelerado en el municipio de Tibú ha sido impulsado, en gran medida, por su proximidad a Venezuela y la notable productividad de la zona, influenciada por las industrias petrolera y agrícola (palma de aceite y cultivos de uso ilícito). Estas industrias emplean principalmente mano de obra local, contribuyendo al auge demográfico de la región. A pesar de contar con una población de 62,151 habitantes (Departamento Nacional de Planeación, 2024), Tibú sigue siendo clasificado como un municipio de sexta categoría, según la Ley 617 del 2000. Esta clasificación se debe a los ingresos limitados provenientes del sistema general de participación, específicamente del rubro de ingresos corrientes de libre destinación SGP – ICLD, que no superan los quince mil salarios mínimos mensuales vigentes. Esto se traduce en recursos limitados y escasos para la ejecución de proyectos de inversión social.

Si bien, en este contexto se debe ampliar la capacidad financiera del municipio que se considera como una actividad fundamental, resulta indispensable que en los trabajos de renovación e instalación de alcantarillado sean bajo los estándares de la normativa vigente, así, se garantiza su correcto funcionamiento y su durabilidad a través del tiempo para contribuir al cierre de brechas propuesto por el departamento nacional de planeación.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son los controles técnicos que garanticen en la optimización de alcantarillados sanitarios de tipo convencional en el Municipio de Tibú, en Norte de Santander?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar una guía para la interventoría técnica de proyectos de renovación de alcantarillado sanitario convencional en el municipio de Tibú, Norte de Santander, a través de la identificación y cumplimiento de los criterios normativos, técnicos y procesos constructivos con el fin de guiar a una correcta supervisión que garantiza la calidad de optimización y su correcto funcionamiento.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar los parámetros de evaluación para la supervisión técnica en proyectos de alcantarillado sanitario con tubería de PVC estableciendo los controles de calidad que garanticen su adecuada implementación.

Diseñar instrumentos de seguimiento y control técnico mediante formatos de chequeo que permitan verificar la calidad en proyectos de alcantarillados sanitarios convencionales.

Crear una guía para la interventoría técnica de proyectos de renovación de alcantarillado sanitario convencional en el municipio de Tibú mediante formatos que faciliten la verificación de especificaciones técnicas y el cumplimiento de buenas prácticas constructivas.

1.4. Justificación

Como principal entidad de contratación pública en el sector, la alcaldía Municipal de Tibú ha implementado en los años recientes modificaciones en la red de alcantarillado en la zona urbana, muestra de ello, está el contrato de obra primera fase optimización de alcantarillado urbano (Alcaldía Municipal de Tibú, 2023), que incluyó el remplazo de tramos en el barrio Villa nueva sustituyendo antiguos segmentos en tubería de gres a PVC, con el objetivo de mejorar el desempeño del servicio. De esta manera, estas acciones permiten la modernización de la red de alcantarillado con tubería PVC. No obstante, esto solo se limita a la reposición de tramos, en algunos casos, los trabajos se deben encaminar a expandir la red del municipio debido principalmente a la creciente población, a causa de nuevos asentamientos y aumento en la población flotante.

En el año 2023, según el portal de contratación SECOP 1, las últimas contrataciones con recursos propios hecha por la alcaldía con destinación de proyectos de actualización de alcantarillados sanitarios suma la cantidad de $967.981.767 millones de pesos, por lo tanto, pese a esta inversión persisten limitaciones en la cobertura y resalta la necesidad de contar con herramientas de control de calidad que orienten a una óptima supervisión.

En este marco, la guía para la interventoría técnica de proyectos de optimización de alcantarillado sanitario convencional en el municipio de Tibú, Norte de Santander, tiene como objetivo principal facilitar al interventor la supervisión exhaustiva e inspección de los trabajos relacionados con la optimización de redes de alcantarillado sanitario convencional utilizando tuberías de policloruro de vinilo (PVC). Se centra en la aplicación de requisitos técnicos dispuestas en el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento (RAS) y su

actualización mediante la resolución 0330 del 2017 del ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) para asegurar la calidad de las obras y busca documentar detalladamente cada actividad del interventor, sirviendo como base técnica de su labor.

Este documento no solo beneficia al interventor, sino que también se convierte en un recurso esencial para la Secretaría de Vías e Infraestructuras de la Alcaldía Municipal de Tibú, así como de las Empresas Municipales de Tibú E.S.P. (EMTIBÚ), además, por su características es un documento que puede ser referente a las demás entidades territoriales del Catatumbo que atraviesan por la misma problemática, brindándoles la capacidad de estandarizar los procedimientos constructivos realizados de manera independiente o a través de sus procesos de contratación.

1.5. Delimitaciones

1.5.1. Geográficas.

El alcance geográfico de este proyecto se limita a la optimización de redes de alcantarillado sanitario con uso de tubería en policloruro de vinilo (PVC) en el casco urbano del municipio de Tibú, ubicado en el departamento de Norte de Santander, Colombia.

Figura 1

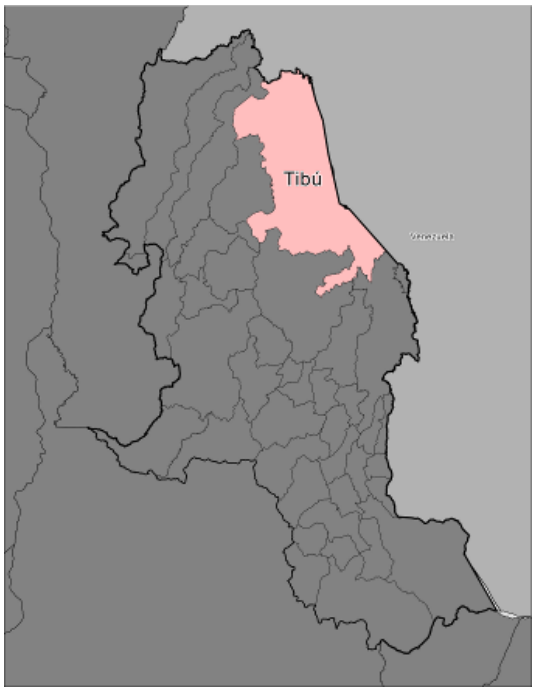
Ubicación de Departamento



Nota. Fuente propia

Figura 2

Ubicación de Municipio



Nota. Fuente propia

1.5.2. Temporales.

El tiempo estimado para la elaboración de la guía para la interventoría técnica de proyectos de renovación de alcantarillado sanitario convencional en el municipio de Tibú, Norte de Santander, según lo propuesto en la presente propuesta de trabajo de grado, se extenderá por un período de cuatro (4) meses, alineado con la duración de la IX cohorte de la Especialización en Interventoría de Obras Civiles.

1.5.3. Conceptuales.

El desarrollo de la guía para la interventoría técnica de proyectos de renovación de alcantarillado sanitario convencional en el municipio de Tibú, abarcará los siguientes conceptos: interventoría técnica, control, seguimiento, calidad, topografía, materiales de construcción, sistema de alcantarillado, sumideros, procesos constructivos, saneamiento, hidráulica básica, tubería PVC, normatividad nacional, normatividad local, reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000 que este ha sido derogado por la resolución 0330 del 08 de junio de 2017 del ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio (MVCT), entre otros, fortaleciendo así las bases para realizar de manera óptima las funciones de interventoría técnica.

1.5.4. Operativa.

Para llevar a cabo este proyecto de grado, se adoptará el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico – RAS; este desarrollado por el Ministerio de vivienda, ciudad y territorio (MVCT) de la República de Colombia, actúa como ente rector en todo lo relacionado con el sector, dictando los requisitos mínimos técnicos generales en el desarrollo de las actividades para lograr la modernización de sistemas de alcantarillados sanitarios.

También se tendrá como base en la construcción de sistemas de alcantarillado las especificaciones técnicas en la construcción de sistemas de alcantarillado de la Empresa Pública de Alcantarillado de Santander S.A. E.S.P (EMPAS) y la Empresa de acueducto y alcantarillado de Cúcuta - EIS Cúcuta S.A. E.S.P., como empresa de la región. Sumado a esto, las empresas de servicios públicos que tiene mayor importancia puesto que, se desempeñan en ciudades principales del país, primeramente, Empresas municipales de Cali (EMCALI); la segunda empresa es Empresas públicas de Medellín (EPM), estas tienen una documentación amplia y de fácil acceso. Por último, se contará con la experiencia propia adquirida en la supervisión de obras similares llevadas a cabo en las secretarías vías e infraestructura de la alcaldía municipal de Tibú.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1. Marco histórico

2.1.1. Antecedentes

En Colombia, la inversión en saneamiento básico es limitada, mayormente en las zonas rurales donde la prioridad suele centrarse en la provisión de agua potable, un servicio que en muchas regiones es inexistente o precario. Como resultado, es común que las comunidades rurales viertan las aguas residuales directamente en cuerpos de agua o utilicen sistemas de pozos sépticos (Universidad Antonio Nariño, 2024).

En este contexto, Tibú, el municipio con mayor extensión territorial en el departamento de Norte de Santander, con una superficie de 2.737 km² (equivalente al 12,08% del departamento), enfrenta un problema significativo en materia de saneamiento básico, especialmente en la infraestructura de alcantarillado sanitario. Su gran tamaño, sumado a factores como la inseguridad derivada de la presencia de grupos armados, ha dificultado la ejecución de proyectos de inversión pública.

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Municipal 2024-2027, la cobertura del servicio de alcantarillado en la zona urbana alcanza el 80%, mientras que en la zona rural es inferior al 35%. Aunque estos valores están dentro del promedio nacional de cobertura en áreas urbanas y asentamientos rurales, están por debajo del promedio departamental, donde la tasa de cobertura urbana de alcantarillado para el año 2023 sería mayor al 90% en zonas urbanas (Gobernación Norte de Santander, 2023), no obstante, el estado actual de la infraestructura y los materiales empleados en el sistema de alcantarillado del municipio no están debidamente documentados, lo

que dificulta la planificación de su mantenimiento y renovación. Además, al ser un municipio de sexta categoría, cuenta con recursos financieros limitados, lo que restringe la inversión pública a intervenciones puntuales y de corto alcance.

A nivel técnico, el PVC ha demostrado ventajas en proyectos de optimización de alcantarillados. No obstante, su éxito depende de una interventoría rigurosa, para que posteriormente no se generen filtraciones en de las juntas u otros tipos de problemas en la materialización de un sistema de alcantarillado (Wavin, 2023). En Tibú, estos riesgos se amplifican por condiciones locales como suelos expansivos y alta pluviosidad (Corponor, 2018), que exigen especificaciones técnicas adaptadas.

El Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable, en su última versión (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio [MVCT], 2021c), establece criterios de interventoría que incluyen la verificación de materiales y procedimientos de control de calidad (Artículo 13). Sin embargo, en la práctica, la supervisión de proyectos ha presentado dificultades técnicas y administrativas.

Un ejemplo de esto ocurrió en la reposición del colector de alcantarillado sanitario en la vereda La Soledad del corregimiento de Campo Dos, municipio de Tibú, donde se identificaron inconsistencias en los estudios previos (Alcaldía Municipal de Tibú, 2023). Inicialmente, se proyectó el uso de tubería Novafort de 8” debido a que la comunidad ya contaba con dicho material. Sin embargo, estudios técnicos posteriores determinaron que ese diámetro no era una opción viable para solucionar de manera efectiva la problemática del alcantarillado. Como consecuencia, se tuvo que ajustar el diseño y optar por un diámetro mayor, lo que encareció el proyecto y extendió los plazos de ejecución.

Este tipo de situaciones evidencia la necesidad de fortalecer los procesos de interventoría técnica en proyectos de renovación de alcantarillado sanitario, asegurando un adecuado diseño, planificación y supervisión de materiales y técnicas constructivas para evitar retrasos y sobrecostos en las obras.

2.2. Marco conceptual

Dando cumplimiento a la Ley 80 de 1993, la interventoría es un tipo de contrato de consultoría que tiene como propósito la supervisión, seguimiento y control de la ejecución de contratos estatales, incluyendo en este caso particular obras de alcantarillado. Se encarga de verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas, normativas y condiciones contractuales en los proyectos de construcción, este mecanismo integral es ejercida por profesionales o entidades especializadas bajo tres circunstancias específicas: (1) cuando la normatividad exige su implementación obligatoria en ciertos acuerdos, (2) al requerirse conocimientos especializados en el área temática del contrato, o (3) por la complejidad, escala o extensión geográfica del proyecto. Las entidades públicas pueden ampliar su alcance, incorporando revisiones financieras, contables, jurídicas o administrativas, según criterios de pertinencia (Colombia Compra Eficiente, 2016). El Decreto 2090 de 1989 enfatiza que esta función integra de manera indivisible los aspectos técnicos y administrativos durante la fase constructiva, debiendo ser gestionada por un único responsable. Su propósito central radica en ejercer control, vigilancia y asesoría técnica para garantizar el cumplimiento de los contratos públicos. En proyectos de redes de alcantarillado sanitario con tuberías de PVC, esta labor implica el dominio de varios conceptos clave que son fundamentales para la comprensión y

ejecución de la guía para la interventoría técnica de proyectos de renovación de alcantarillado sanitario convencional en el municipio de Tibú, Norte de Santander.

A continuación, se describen estos conceptos:

- Interventoría Técnica: se refiere al conjunto de actividades de supervisión, control y seguimiento que se realizan durante la ejecución de un proyecto de construcción para garantizar que se cumplan las especificaciones técnicas, los plazos y los costos establecidos. De todas las labores autorizadas el interventor deberá dejar constancia escrita. Deberá llevar además un control a las especificaciones de materiales, a las pruebas de las instalaciones y a la puesta en marcha de los equipos. Para el cabal cumplimiento de sus funciones (Presidencia de la República de Colombia, 1980).

- Control de Calidad: Este concepto se refiere a los procesos y procedimientos utilizados para asegurar que los materiales y las obras cumplan con los estándares y especificaciones técnicas establecido. En el caso de los sistemas de alcantarillado, el control de calidad incluye la verificación de la correcta instalación de tuberías de PVC y la supervisión de los procesos constructivos.

- Sistema de Alcantarillado Sanitario: Un sistema de alcantarillado sanitario es una red de tuberías y estructuras diseñadas para transportar aguas residuales desde los puntos de generación hasta las plantas de tratamiento. En este proyecto, se enfoca en sistemas que utilizan tuberías de PVC, las cuales son preferidas por su durabilidad y facilidad de instalación.

- Normatividad Técnica: Es indispensable en Colombia acogerse a las disposiciones técnicas vigentes. Dentro de estas y aplicables para este caso aplica: Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS) con su actualización de la resolución 0330 del 2017 y la resolución 0799 de 2021 como referentes fundamentales para tener en cuenta.

- Tubería de PVC: El policloruro de vinilo (PVC) es el material más utilizado en los sistemas de alcantarillado, su resistencia a todo tipo de agente químico presente en las aguas residuales hace que su vida útil sea mayor; otra de sus virtudes es su peso lo que mejora la maniobrabilidad en obra siendo la primera opción en cuanto a soluciones de manejo de aguas en general; por último, el PVC presenta su índice de rugosidad como uno de los más bajos lo que hace que la perdida de energía por fricción disminuya.

- Hidráulica: Establece el conjunto de principios que permite describir con precisión el comportamiento de fluidos dentro de tuberías y canales. En proyectos de conducción de aguas dichos principios norman el cálculo hidráulico de variables tales como, caudal, perdida de carga, régimen de flujo entre otros que garantizan la funcionalidad de la red.

2.3. Marco contextual

La guía de interventoría técnica que contempla un panorama general y tendrá un aplicación a nivel regional – municipal desde el punto de vista del interventor que es el encargado de garantizar la calidad, eficiencia, sostenibilidad de las obras de construcción.

En las ciudades principales de Colombia, quienes han encargado de realizar esta documentación técnica que normatiza las nuevas y también las reposiciones de alcantarillados sanitarios, han sido las empresas encargadas de los servicios triple A conocidas como empresas municipales de cada ciudad; lo anterior obedece a que ellos son los que reciben la obra y son los futuros operadores de la misma, son los primeros interesados en que este funcione de manera óptima desde el primer momento y también ayuda a blindar el recurrir en gastos posteriores en reparaciones.

Se propone entonces una guía técnica que no desconozca las actividades ya hechas por otros autores de guías tanto de las empresas públicas o municipales como también por autores particulares que sientan precedentes y se caracterizan por sus altos estándares de calidad al momento de ejecutar los proyectos, ejemplos de este son: EMCALI (*Empresas municipales de Cali*), EPM (*Empresas públicas de Medellín*), EMPAS (*Empresa pública de Alcantarillado de Santander*) siendo estas empresas prestadoras de servicios públicos.

Para el caso puntual del municipio de Tibú, ni las empresas municipales de Tibú (*EMTIBÚ*) ni el ente territorial representada por sus secretarias de vías e infraestructura y secretaría de planeación cuentan con un documento que permita estandarizar los procesos de vigilancia y control sobre aspectos técnicos que se llevan a cabo en un proceso de optimización

de redes de alcantarillado sanitario convencional; es por esta razón que surge la problemática a solucionar mediante la creación de una guía técnica de interventoría técnica.

2.4. Marco teórico

El cierre de brechas promovido por el departamento nacional de planeación (DNP) que consiste en la reducción de desigualdades entre territorios y que mediante las entidades territoriales se debe garantizar el acceso a bienes y servicios básicos. Este enfoque reconoce la necesidad de fortalecer la capacidad de las entidades territoriales en la ejecución de proyectos de infraestructura con el fin de contribuir al desarrollo socioeconómico de la región. Es por ello que, el Estado en su potestad delega a los ordenadores del gasto hacer cumplimiento de estas iniciativas que deben asegurar el cumplimiento de las condiciones técnicas, financieras y administrativas en la ejecución de contratos de obra pública.

La normatividad colombiana, particularmente en la ley 80 de 1993 que regula la contratación estatal e incorpora la figura de la interventoría es una actividad obligatoria en la contratación estatal cunado la complejidad del proyecto lo amerite, así también establece que "En los contratos de obra que hayan sido celebrados como resultados de un proceso de licitación o concursos públicos, la interventoría deberá ser contratada con una persona independiente de la entidad contratante y el contratista" como dicta el artículo 32. (Congreso de la República de Colombia, 1993).

Esta labor hecha por un tercero tiene como labor la vigilancia integral del proyecto desde su planeación hasta la entrega final, actividades como la selección de materiales, la ejecución de procedimientos constructivos y el cumplimiento de normativas de saneamiento.

De esta manera, se hace necesario la presencia de la figura del interventor como un mecanismo de control externo e independiente con la finalidad de garantizar la transparencia, eficiencia y calidad de los proyectos. Así, se puede ver no solo como un deber o requisito legal si no también como una herramienta estratégica para asegurar que las inversiones lleguen a su finalidad y es la de satisfacer a la población y cerrar las brechas territoriales.

Finalmente, con este trabajo de investigación se propone una guía para la interventoría técnica de los procesos de optimización de redes de alcantarillado sanitario que brinde a los interventores y supervisores una estandarización de criterios técnicos normativos y constructivos con la única finalidad que pueda desempeñar sus funciones de control y vigilancia de los contratos de obra pública de optimización de alcantarillado sanitario, ayudando a obtener obras de mejor calidad y dando cumplimiento a la normativa.

2.5. Marco legal

La normatividad vigente aplicable para el correcto desarrollo del presente proyecto de investigación se basará en:

- ***Ley 80 de 1993 y Ley 1150 de 2007*** Estatuto General de Contratación Pública: Busca regular los procesos de contratación estatal, incluyendo la interventoría técnica,

administrativa y financiera en proyectos de obra pública. Esta se orienta al punto de vista del papel de la interventoría, la cual garantiza el efectivo cumplimiento del contrato.

- ***Ley 1474 de 2011*** Estatuto Anticorrupción: Este estatuto refuerza los mecanismos de control en la contratación pública, anexando la responsabilidad que tiene la interventoría en la supervisión de obras con el objeto de prevenir irregularidades y garantizar la transparencia cuando se lleven a cabo proyectos de infraestructura.

- ***Ley 388 de 1997*** Ordenamiento Territorial: Establece parámetros y lineamientos para el uso del suelo y el desarrollo territorial, con los cuales busca asegurar que los proyectos que ejecute una entidad estén alineados con los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y Planes Básicos de Ordenamiento Territorial (PBOT).

- ***Decreto 1077 de 2015*** Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio: Consolida las disposiciones relacionadas con la planeación y puesta en marcha de proyectos de infraestructura, definiendo criterios técnicos y administrativos para su ejecución.

- ***Decreto 0799 de 2021*** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS, 2021): Actualizó la resolución 330 de 2017, en este se establecen los parámetros técnicos que deben cumplir los sistemas de acueducto y

alcantarillado, incluyendo requisitos de diseño, construcción y operación de redes de alcantarillado sanitario. Se orienta específicamente al Título D. “Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias”, Título I. “Componente Ambiental y Fichas Técnicas de Buenas Prácticas para los Sistemas de Acueducto, Alcantarillado y Aseo” y Título G. Aspectos complementarios”, adicionalmente se plantean criterios y requisitos esenciales para los procesos relacionados con el análisis, diseño geotécnico, estructura y demás aspectos clave de la construcción.

- ***Norma ISO 14001:2015*** Gestión Ambiental: Establece criterios para minimizar los impactos ambientales en proyectos de saneamiento básico, asegurando el cumplimiento de normativas en el manejo de aguas residuales y residuos de construcción.

- ***Normas ASTM D1784*** Especificaciones para tuberías de PVC en sistemas de alcantarillado: Regulan las características técnicas de las tuberías de PVC utilizadas en redes de alcantarillado sanitario, garantizando su calidad y durabilidad.

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1.Tipo De Investigación

Para llevar a cabo este trabajo de grado, se empleará una metodología descriptiva de carácter cualitativo, la descripción consiste en caracterizar, analizar, definir y detallar los procedimientos con precisión y directrices fundamentales e importantes a seguir conforme a las regulaciones vigentes establecidas las normas técnicas colombianas pertinentes, con la única finalidad de mejorar la calidad de los trabajos y registros que se lleven a cabo en el futuro.

Se empleará un enfoque cualitativo ya que tiene como objetivo analizar aspectos no cuantificables, se requiere hacer una compresión de los criterios necesarios mediante la recopilación de documentos y/o fuentes de información relevantes necesarias para la creación de la guía técnica. Lo anterior nos permite tener una visión detallada y comprensiva de los diferentes elementos o consideraciones a tener en cuenta al momento de hacer una optimización.

3.2. Seguimiento Metodológico Del Proyecto

3.2.1. Fase 1: Identificación y análisis normativo

Objetivo: Determinar los parámetros de evaluación para la supervisión técnica en proyectos de alcantarillado sanitario con tubería de PVC estableciendo los controles de calidad que garanticen su adecuada implementación.

Actividades:

- Revisión y lectura de la normativa vigente aplicable a la instalación de redes de alcantarillado sanitario.
- Elaboración de un listado con las normas y acápites de obligatorio cumplimiento.

3.2.2. Fase 2: Diseño de instrumentos de seguimiento y control

Objetivo: Diseñar instrumentos de seguimiento y control técnico.

Actividades:

- Desarrollo de formatos de chequeo que permitan verificar la calidad de las obras de alcantarillado sanitario convencional.
- Validación preliminar de los formatos respecto a la normativa identificada en la fase anterior.

3.2.3. Fase 3: Elaboración de la guía técnica para la interventoría.

Objetivo: Crear una guía para la interventoría técnica

Actividades:

- Redacción del documento técnico que contenga las normas, procedimientos y formatos de control.
- Organización del documento en capítulos o acápites (contexto, normativa, formatos de chequeo, buenas prácticas.

3.3.Población

Para llevar a cabo este estudio de grado, se tiene como contexto que esta investigación es de carácter documental, si bien la población afectada el grupo de interés serán los habitantes del municipio de Tibú, Norte de Santander; esta población no se define en términos de personas si no en función del objeto del estudio. En este sentido, la población se define por los proyectos, normativas y documentos técnicos relacionados con los sistemas de alcantarillado en el Municipio de Tibú, Norte de Santander; que han sido formulados, ejecutados o reglamentados en el ámbito nacional, departamental y municipal.

3.4.Muestra

En coherencia con el enfoque documental de la investigación, la muestra no corresponde a una selección de individuos, si no de una selección adrede de referentes normativos y técnicos que se relacionan directamente con el objeto de estudio. Esta selección comprende la normativa vigente en materia de agua y saneamiento básico donde engloba también los alcantarillados en Colombia, los documentos técnicos de proyectos ejecutados o planificados en el municipio de Tibú; los lineamientos establecidos por la máxima autoridad como lo es el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio que, a su vez emite documentos tales como el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS). Dicha selección responde a criterios de pertinencia y relevancia frente a los objetivos de la investigación.

3.5.Técnicas e instrumentos de recolección de la información

Las técnicas de recolección de información empleadas para desarrollar la investigación, corresponde a la Norma Técnica Colombiana (NTC), el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS en su resolución 0330 del 08 de Junio del 2017 del ministerio de vivienda, ciudad y territorio tiene la vigencia y derogada jurisprudencia anterior; resolución 1096 de 200 que adopta la NSR-10 Título G, el cual establece requisitos estructurales para obras de infraestructura enterrada en zonas de amenaza sísmica y por último el decreto 1077 de 2015, que consolida disposiciones normativas en materia de agua potable y saneamiento básico.

En la misma vía, se tendrá en cuenta la normativa aplicada por empresas de servicios públicos en ciudades principales que así mismo, tiene sus propios manuales de ejecución y supervisión como son las empresas municipales de Cali, empresas públicas de Medellín o el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá. Aunado a esta normativa, se tendrá en cuenta también la aplicabilidad de normas técnicas colombianas (NTC), el reglamento sismo resistente para el caso de estudios geotécnicos y estructuras de contención según aplique.

3.6.Análisis de la información

El análisis de la información se estructurará mediante la tabulación, paso a paso y flujos de toma de decisiones para clarificar a la interventoría la manera correcta y las decisiones en cada uno de los casos presentados en la supervisión técnica de la obra.

Capítulo 4. Resultados

4.1. Determinar los parámetros de evaluación para la supervisión técnica en proyectos de alcantarillado sanitario con tubería de PVC estableciendo los controles de calidad que garanticen su adecuada implementación.

En Colombia, desde el aspecto social, profesional y jurídico se requiere de unas herramientas operativas que permitan la verificación, control y seguimiento de manera objetiva, sistemática y documentada de la calidad de las obras que se desarrollan a lo largo del país.

Desde la perspectiva jurídica, la Ley 80 de 1993 establece que las entidades estatales deben ejercer vigilancia y control sobre la ejecución contractual, con la meta de garantizar el cumplimiento del objeto del contrato y la correcta inversión de los recursos públicos. Este deber se encuentra enmarcado en los principios de responsabilidad, transparencia y economía que rigen la contratación estatal.

Posteriormente, La ley 1474 de 2011 reforzó la responsabilidad de los interventores y supervisores contractuales; precisando que estos deben realizar seguimiento técnico, administrativo y financiero entre otros; durante la ejecución de los contratos y responder solidariamente por eventuales omisiones en el ejercicio de sus funciones. El Decreto 1082 de 2015, reglamenta el estatuto de contratación y establece que se podrá prever en los pliegos de condiciones, funciones adicionales al interventor de acuerdo con la naturaleza y complejidad del contrato y de la obra; en paralelo, la ley 1150 de 2007 complementa al régimen jurídico la obligación de vigilar la correcta ejecución de los contratos estatales, este último como

complemento a la ley 1474 de 2011. En consecuencia, el control técnico no puede depender solamente de una persona o profesional designado, sino que se debe conformar eventualmente un equipo que también cuente con los instrumentos materiales, maquinaria, documentales y tecnológicos suficientes que reduzcan los errores involuntarios y que principalmente generen la trazabilidad documental que permita ser registrada con el suficiente detalle que requiere el caso.

De forma semejante, desde la perspectiva técnica profesional, el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, adoptado por la Resolución 0330 de 2017 y modificado parcialmente por la Resolución 799 de 2021, establece los requisitos obligatorios a cumplir en los proyectos de infraestructura y alcantarillado en todas sus etapas. Este marco fue complementado por la Resolución 0661 de 2019 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, mediante la cual se adoptaron medidas adicionales orientadas a fortalecer los criterios técnicos aplicables al sector, consolidando así un conjunto normativo integral que rige el diseño, construcción y supervisión de los sistemas de saneamiento básico.

No obstante, aunque el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio establece criterios técnicos claros, no establece formatos operativos estandarizados para su aplicación durante la ejecución de la obra que pueda orientar al ejercicio de la interventoría o supervisión de campo. Esta situación discrepa entre lo proyectado técnicamente y su posterior verificación de las obras ejecutadas.

En municipios de sexta categoría, como Tibú, esta problemática se acentúa de manera particular. Algunos contratos de reemplazo de redes de alcantarillado no superan el umbral de menor cuantía establecido en el artículo 2.2.1.2.1.2.7 del Decreto 1082 de 2015, lo que exime a la entidad territorial de la obligación de contratar una interventoría externa. En su lugar, el

seguimiento contractual recae sobre el supervisor del contrato, figura para la cual, en la práctica, se suele vincular un profesional de apoyo.

Ahora bien, esta figura no ofrece las mismas garantías técnicas ni el mismo nivel de independencia que una interventoría. La calidad de la supervisión queda supeditada, en gran medida, a la experiencia y criterio individual del profesional designado, lo que introduce a la ecuación, un riesgo considerable en la ejecución de las obras. Esta situación debilita el seguimiento documentado del proceso constructivo y eleva la probabilidad de inconsistencias técnicas, dando como resultado en una deficiente ejecución de los proyectos y, en última instancia, en el deterioro prematuro de la infraestructura construida en el mejor de los casos.

En este contexto, el diseño de instrumentos mediante formatos de chequeo se plantea como una estrategia metodológica orientada a convertir los requisitos de control de obra en variables técnicas verificables buscando estandarizar el proceso de seguimiento de la obra, además de llevar a cabo una documentación correcta de parámetros hidráulicos y constructivos; con la única finalidad de llevar una trazabilidad del proceso y con esto garantizar la coherencia entre el diseño aprobado y la ejecución real.

Los instrumentos fueron estructurados metodológicamente a partir del análisis y la sistematización de la normativa vigente, identificando los aspectos técnicos críticos que inciden directamente en el desempeño hidráulico y estructural del sistema. Estos aspectos serán posteriormente traducidos en indicadores cuantificables, entre los que se destacan: pendientes mínimas, diámetros nominales, espesores de cama de apoyo, resultados de ensayos de compactación y pruebas de estanqueidad.

Estos parámetros permiten que la supervisión contractual evolucione desde una simple verificación descriptiva hacia un control técnico basado en evidencia cuantificable, fortaleciendo así la calidad, sostenibilidad y funcionalidad de las redes de alcantarillado sanitario intervenidas.

Lo anterior constituye el eje central del diseño de los instrumentos propuestos, cuyo propósito es operacionalizar el marco normativo nacional mediante herramientas prácticas que respondan a la realidad institucional del municipio de Tibú, garantizando que la renovación de redes de alcantarillado sanitario convencional se ejecute bajo criterios técnicos verificables y orientados a la calidad.

Para que el proyecto sea exitoso este debe estar compuesto por el control y la supervisión técnica donde se debe controlar lo siguiente:

- Los materiales.
- La normativa técnica aplicable.
- Las especificaciones técnicas del proyecto.
- Los ensayos y pruebas de control de los materiales y de instalaciones.
- Las mediciones físicas de la obra.
- La concordancia de la construcción con los planos constructivos.
- La programación y presupuesto de obra.
- La organización óptima de zonas de trabajo y de almacenamiento de materiales.
- Exigir al contratista el cumplimiento de las normas de calidad, seguridad y economía adecuada de la obra.

El alcance de los proyectos de renovación de redes de alcantarillado sanitario trasciende de la etapa de ejecución, comprendiendo un ciclo completo extendiéndose desde las fases de planificación y diseño hasta la etapa de liquidación, cierre técnico y entrega final de obra. Esta visión integral responde a que la calidad de una obra no garantiza exclusivamente durante su construcción, sino que se define de manera certera en las decisiones técnicas y administrativas adoptadas desde el génesis del proyecto.

En este sentido, ejercer el control desde la etapa de planificación resulta determinante para identificar condiciones del terreno, restricciones normativas, requerimientos hidráulicos y estructurales, y posibles riesgos que, de no ser atendidos oportunamente, pueden derivar en sobrecostos, retrasos o deficiencias técnicas durante la ejecución. De igual manera, la etapa de liquidación no debe entenderse como un trámite meramente administrativo, sino como una instancia de evaluación final que certifica el cumplimiento de los estándares técnicos exigidos y garantiza la funcionalidad y durabilidad del sistema previamente intervenido.

A continuación, se presenta un listado de las actividades a considerar en cada una de las etapas del proyecto. Posteriormente, se profundizará de manera específica en las actividades correspondientes a la etapa de ejecución, por ser esta la fase de mayor complejidad técnica y la que concentra los principales riesgos asociados a la calidad constructiva.

4.1.1. Etapa de planificación

De conformidad con el marco normativo vigente, la etapa de planificación comprende el conjunto de actividades previas al inicio de la obra, orientadas a garantizar que el proyecto

cuente con los estudios, diseños y condiciones técnicas necesarias para su adecuada ejecución. En proyectos de renovación de redes de alcantarillado sanitario, esta fase adquiere especial relevancia, dado que la ausencia o deficiencia de cualquiera de estos requisitos puede comprometer la calidad técnica, el cronograma y el presupuesto de la obra.

Para llevar a cabo esta etapa, el interventor debe verificar la completitud de los requisitos previos al inicio mediante una lista de chequeo, que comprende como mínimo los siguientes documentos y condiciones:

- Estudio de suelos (para determinar la clasificación del terreno según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos —USCS—, verificar la necesidad de entibado y definir el tratamiento de la cimentación de la tubería).
- Planos de diseño y construcción completos y verificados (planos hidráulicos con ubicación de sillas yee, cajas de inspección, pozos de inspección, pendientes, diámetro de tubería, cota clave, cota terreno, cota batea de pozos y sentido del flujo).
- Especificaciones técnicas del proyecto.
- Permisos requeridos para la intervención: licencias de construcción, servidumbres, ocupación de cauces, licencias ambientales, permisos de vertimientos, permisos de intervención de espacio público, plan de manejo ambiental y plan de manejo de tráfico, según aplique.
- Inventario de equipos y maquinaria disponibles.
- Análisis de precios unitarios (APU).
- Programación de obra.
- Plan de calidad del contratista.

- Planos de otras redes de servicios públicos (gas domiciliario, energía eléctrica, telecomunicaciones y datos).

4.1.2. Localización y replanteo topográfico

Para la ejecución de esta actividad es necesario tomar como referencia los puntos de amarre topográfico suministrados y validados por los estudios y diseños, cumpliendo con lo establecido en la Resolución 643 de 2018 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (Instituto geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2018), que define las especificaciones técnicas para levantamientos topográficos en el territorio nacional. Estos puntos constituyen la referencia de control para todos los procesos constructivos y tienen incidencia directa sobre los planos récord del proyecto.

Los equipos de topografía ópticos utilizados deben ser de precisión y contar con certificados de calibración vigentes, emitidos por laboratorios acreditados ante el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC). El personal técnico que ejecute estas labores debe acreditar el perfil profesional y la experiencia establecidos en la NTC **6271** (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2018), que regula los requisitos mínimos del personal que efectúa trabajos topográficos.

Como parte de esta actividad, el interventor debe exigir la investigación de interferencias con otras redes de servicios públicos (gas domiciliario, telefonía, datos y energía eléctrica), información que debe ser suministrada por las respectivas empresas prestadoras del servicio. Con el fin de corroborar dicha información en puntos de duda o donde los planos resulten

contradictorios, se deben practicar apiques exploratorios. Los resultados de la localización y el replanteo deben quedar registrados en el libro de obra y ser la base para la elaboración de los planos récord finales.

4.1.3. Demoliciones y excavaciones

Previo a cualquier demolición o excavación, se debe efectuar la investigación de interferencias y cruces con otras redes de servicios. Esta actividad incluye el desmonte, limpieza, demolición y traslado de escombros al sitio de disposición final autorizado, teniendo en cuenta los elementos existentes tales como edificaciones, pontones, alcantarillas, pavimentos, andenes y redes de servicios que puedan verse afectados. Su correcta cuantificación permite llevar el control del avance físico de la obra, identificar afectaciones al proyecto y mantener un inventario de elementos a reconstruir.

Las excavaciones se deben ejecutar conforme a los planos del proyecto, con especial atención a los niveles y cotas límite, garantizando las pendientes necesarias para el correcto funcionamiento hidráulico del sistema. El contratista debe presentar una programación detallada que especifique la intervención por tramos, las profundidades de excavación previstas y los sistemas de entibado o soporte requeridos. Dichas excavaciones deben estar libres de inundaciones, filtraciones y material contaminado durante toda la ejecución.

Los criterios técnicos para la ejecución de excavaciones en zanja se rigen conforme a lo establecido en la Resolución 0330 de 2017 (RAS) del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio [MVCT], 2017a) , en lo referente a los estudios de geotecnia que deben definir taludes, entibados, manejo de aguas y cantidades máximas de excavación. Como referencia técnica complementaria, ante la ausencia de especificaciones locales en el municipio de Tibú, se adoptan los criterios de la norma NS-019 "Excavaciones en Zanja" de la EAAB-ESP (Empresas de acueducto y Alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP], 2019), que establece los siguientes parámetros de control:

- El frente de trabajo activo no debe superar los 100 m lineales de excavación sin tubería instalada ni relleno ejecutado.
- Ninguna excavación en zanja debe permanecer abierta más de 48 horas sin avanzar con las actividades siguientes (instalación de tubería y relleno).
- El fondo de la excavación debe alcanzar la cota indicada en los planos con una tolerancia de ±20 mm. El material sobrante excavado debe disponerse a mínimo 0,60 m del borde de la zanja.
- La clasificación del suelo se realizará mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS), que determina el tipo de entibado requerido y los taludes admisibles.

4.1.4. Entibados

El tipo de entibado y sus características deben seleccionarse con base en los criterios técnicos establecidos en la Resolución 0330 de 2017 (RAS) del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio [MVCT], 2017a), en lo concerniente a los estudios geotécnicos que determinan los sistemas de soporte y estabilización de excavaciones. Como referencia técnica complementaria se adoptan los criterios de la norma NS-072 Entibados y tablaestacados " (Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP], 2024a)", que clasifica los entibados de la siguiente manera:

- Tipo E1A — Entibado cajón de aluminio: aplicable en zanjas de hasta 2,0 m de ancho y 4,0 m de profundidad. Es el sistema más utilizado para redes de alcantarillado en vía pública por su rapidez de instalación y ligereza.
- Tipo E1B — Entibado cajón de acero: indicado para condiciones de mayor carga lateral o profundidades que superen la capacidad del sistema de aluminio. Los perfiles deben cumplir con la norma ASTM A36 (American Society for Testing and Materials [ASTM], 2019a) o ASTM A572 (American Society for Testing and Materials [ASTM], 2021a)
- Tipo E2A — Entibado deslizante de acero: sistema que avanza simultáneamente con la excavación, adecuado para tramos continuos y suelos con riesgo de derrumbe inmediato.

La instalación del entibado o tablaestacado debe realizarse de forma paralela al avance de la excavación, garantizando en todo momento la cobertura total de las caras del terreno hacia la zanja y la protección del personal. Para la selección del tipo de entibado, el interventor debe

remitirse al estudio de suelos y verificar la clasificación USCS del suelo, su comportamiento, la profundidad de excavación, el nivel freático, la longitud y diámetro de la tubería, la presencia de estructuras subterráneas adyacentes y las cargas dinámicas presentes en el lugar de trabajo.

4.1.5. Materiales de cimentación

La cimentación de la tubería debe ejecutarse con estricto cumplimiento de lo especificado en los planos de diseño del proyecto, atendiendo lo dispuesto en el artículo 45 de la Resolución 0330 de 2017 (RAS) (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio [MVCT], 2017a). De manera complementaria, ante la ausencia de especificaciones locales, se adoptan los criterios de la norma NS-035 "Requerimientos para Diseño de Cimentación de Tuberías en Redes de Acueducto y Alcantarillado" (Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP], 2024c), que clasifica las tuberías según su comportamiento estructural de la siguiente forma:

- Tuberías flexibles: PVC y acero. Trabajan por deformación lateral y requieren un cuidadoso control del material de cimentación y del relleno lateral para garantizar la transferencia de cargas al suelo circundante.
- Tuberías rígidas: concreto y gres. Su resistencia estructural depende fundamentalmente de las condiciones del lecho de apoyo; el ángulo de cama y el material de soporte son determinantes en su capacidad de carga.
- Tuberías semirrígidas: hierro dúctil. Presentan comportamiento intermedio y admiten cierto grado de deflexión sin comprometer su integridad estructural.

La especificación de la cimentación debe estar incluida en los planos de diseño elaborados por el consultor responsable del proyecto, considerando el material, los diámetros interno y externo de la tubería, y la composición del suelo receptor. Para el caso del presente proyecto, con tubería PVC (flexible), el material de cimentación corresponde en general a arena, gravilla o material granular seleccionado, libre de partículas mayores de 19 mm y de material orgánico, cuya especificación complementaria se encuentra en la norma NP-040 "Rellenos" de la EAAB-ESP (Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP], 2024e). Cualquier modificación al diseño original de la cimentación debe articularse con los diseños hidráulicos aprobados de manera que no se comprometa el funcionamiento del sistema.

4.1.6. Instalación de tubería

Conforme al enfoque del presente documento, el material de tubería a instalar será policloruro de vinilo (PVC), en su presentación más comercial para alcantarillado: interior liso y exterior corrugado, en diámetros que van desde 4 hasta 20 pulgadas. Estas tuberías deben cumplir con la NTC 3722-3 "Sistemas de tuberías plásticas para uso sin presión en drenajes y alcantarillados enterrados" (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2023), así como con la Resolución 0501 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio [MVCT], 2017b) que establece los requisitos técnicos relacionados con la composición química e información que deben cumplir los tubos y accesorios.

Previo a la aprobación de la instalación de tubería, el interventor debe dar el visto bueno a las actividades antecesoras: excavación y cimentación o cama de tubería. Durante la instalación es indispensable contar permanentemente con un topógrafo que traslade las cotas desde el diseño al terreno, y ejercer control sobre el material de atraque, el cual, como norma general, corresponde al mismo material de cimentación.

En cada tramo instalado —que no excederá los 120 metros antes del relleno de zanja— debe realizarse una prueba de estanqueidad y hermeticidad. Conforme a la norma NE-012 "Pruebas de Estanqueidad en Redes de Alcantarillado" de la EAAB-ESP (Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP], 2023), adoptada como referencia técnica complementaria por el nivel de detalle técnico que ofrece, se aceptan los siguientes métodos de verificación:

- Exfiltración con agua: se llena el tramo con agua y se mide la variación del nivel en un tiempo establecido. El manómetro o piezómetro debe tener una precisión de 5 mm de columna de agua.
- Presión positiva con aire: se inyecta aire al tramo sellado y se mide la caída de presión. El manómetro debe tener una precisión mínima de 0,04 psi (0,28 kPa).
- Presión negativa (vacío): método alternativo especialmente indicado cuando el nivel freático impide el uso de los métodos anteriores.
- Prueba de juntas individuales (Joint tester): permite verificar la hermeticidad de cada unión de forma independiente, sin necesidad de secar el interior de la tubería.

El interior del tubo debe estar limpio y libre de escombros, sedimentos y residuos antes de la prueba. Únicamente un tramo con prueba aprobada podrá ser rellenado. Los resultados de

todas las pruebas deben quedar registrados y firmados por el interventor, como soporte del acta de recibo parcial.

4.1.7. Instalación de pozos de inspección

La construcción de pozos de inspección debe ejecutarse conforme a los planos de diseño, para pozos in situ con altura menor o igual a 7 metros y para conexión de tuberías menores a 36 pulgadas (900 mm), con o sin cámaras de caída. Ante la ausencia de normativa local en el municipio de Tibú y el departamento de Norte de Santander, se adoptan los criterios de la norma NS-029 "Criterios de Diseño de Pozos y Cámaras de Inspección para Sistemas de Alcantarillado" de la EAAB-ESP como referencia técnica complementaria.

Según la norma NS-029, los pozos de inspección deben construirse in situ cuando se presente cualquiera de las siguientes nueve condiciones:

- Al inicio de un tramo, independientemente de si existen colectores que lleguen a él.
- Cada 80 a 120 metros de instalación de tubería para diámetros ≤ 900 mm.
- Cambios de dirección horizontal.
- Cambios de pendiente.
- Intersección de tuberías.
- Cambios en los diámetros de tubería.
- Cambios en el material de tuberías.

- Al final de un tramo antes de la conexión a un colector de mayor diámetro.
- Cuando la profundidad de la tubería supere los criterios de diseño para cajas de inspección.

El interventor debe verificar que cada pozo cuente con: placa de fondo o base con cañuela que permita el flujo libre del agua, cuerpo cilíndrico, cono de reducción, cubierta o tapa y acceso. El diámetro interno de la parte cilíndrica de los pozos construidos en mampostería debe ser de 1,20 m, con espesor de paredes de al menos 0,37 m en toda su profundidad, con ladrillos dispuestos en forma radial y tangencial alternados por hiladas. El concreto de la placa de fondo y la cañuela debe ser impermeabilizado para garantizar la estanqueidad del pozo.

4.1.8. Cajas de inspección

Las cajas de inspección se deben construir cumpliendo los criterios de diseño para la conexión de aguas residuales domésticas (ARD) y no domésticas (ARnD) hacia la línea principal de alcantarillado. Ante la ausencia de normativa local, se adopta la norma NS-068 "Conexiones Domiciliarias Domésticas y No Domésticas" de la EAAB-ESP (Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP], 2020) como referencia técnica complementaria, que establece los siguientes parámetros de diseño y construcción:

- La caja de inspección para ARD debe tener una dimensión interna mínima de 0,60 m × 0,60 m y una profundidad mínima de 0,60 m, medida desde la rasante hasta la parte

más baja de la cañuela en la base. Cuando la profundidad supere 1,50 m, debe proyectarse un pozo de inspección en su lugar.

- La tapa de la caja de inspección debe ser removible a nivel de superficie para permitir las labores de mantenimiento y limpieza de la conexión domiciliaria.
- La tubería que conecta la caja con la red principal debe insertarse en un ángulo entre 45° y 90° respecto al sentido del flujo, mediante el accesorio sanitario denominado silla yee prefabricada, para evitar la rotura posterior de la tubería colectora.
- La longitud máxima de una conexión domiciliaria al sistema de alcantarillado es de 50 m. Si este límite se supera, debe construirse un pozo de inspección intermedio.
- La pendiente mínima de las tuberías de conexión domiciliaria debe ser del 2%, para garantizar la velocidad de arrastre mínima de los sólidos.
- El diámetro mínimo de la tubería de conexión domiciliaria de aguas residuales es de 8" (200 mm) para la tubería que conecta el último pozo de inspección de un conjunto residencial con la red pública.
- No se permiten conexiones domiciliarias en colectores de diámetro mayor a 24" (600 mm). Cuando el colector sea de este diámetro o mayor, debe construirse un pozo de inspección intercalado o una manija paralela al colector existente.

Los materiales de las cajas de inspección pueden ser ladrillo con revestimiento interior de mortero impermeable, concreto reforzado impermeabilizado integralmente, o elementos prefabricados en concreto reforzado, concreto polimérico, concreto reforzado con fibra de vidrio o concreto reforzado con fibras de acero. Para mayor claridad, se debe revisar los requisitos de la

norma NP-027 "Tuberías para alcantarillado" de la EAAB-ESP (Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP], 2026) para los accesorios de conexión.

4.1.9. Instalación de rellenos

Para los rellenos de zanja, el interventor debe controlar las condiciones generales, las especificaciones de los materiales, los métodos de compactación y las frecuencias de muestreo, conforme a la norma NP-040 "Rellenos" de la EAAB-ESP (Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP], 2024d), adoptada como referencia técnica complementaria. Antes de iniciar los trabajos de relleno, el contratista debe presentar una propuesta de rellenos que incluya como mínimo:

- Fuentes de materiales de relleno debidamente aprobadas por la autoridad ambiental, con los resultados de ensayos de laboratorio requeridos: granulometría, índice de plasticidad, desgaste en máquina de Los Ángeles, solidez en sulfatos, CBR y Compactación Proctor Modificado (American Society for Testing and Materials [ASTM], 2021b), materia orgánica, entre otros.
- Plan de aprovechamiento de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) generados en obra, en cumplimiento de la normativa ambiental vigente.
- Características de los equipos de compactación a utilizar (vibrocompactadores, rodillos vibratorios, placas vibratorias, pisones y apisonadores neumáticos), y los métodos para lograr la humedad óptima que garantice la densidad especificada.

Antes de la colocación del relleno inicial sobre la tubería, el interventor debe verificar que se hayan ejecutado las siguientes actividades previas: prueba de estanqueidad del tramo instalado con resultado aprobado; revestimiento de las uniones cuando sea pertinente; y levantamiento topográfico detallado de la posición definitiva de la tubería instalada, como base para los planos récord. Adicionalmente, el entibado de la franja donde se colocará el relleno inicial no debe retirarse sino hasta que el relleno haya avanzado por encima de la misma.

Los aspectos constructivos del relleno son los siguientes:

- El espesor máximo de cada capa de relleno compactado debe ser el menor entre 1,5 veces el tamaño máximo del material y 0,20 m, o el aprobado en el tramo de prueba. Ninguna capa adicional puede colocarse hasta que la anterior haya alcanzado la densidad requerida.
- El control de compactación se realiza comparando la densidad de campo (American Society for Testing and Materials [ASTM], 2024) con la máxima densidad seca obtenida en el laboratorio. Las diferencias de espesores con respecto al diseño tienen una tolerancia máxima de 2 cm.
- Los apisonadores manuales para compactación deben tener una superficie de apisonamiento no mayor de 150 mm × 150 mm y un peso mínimo de 110 N, en zonas donde el equipo mecánico convencional no pueda operar.
- No se deben ejecutar rellenos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 2 °C, cuando llueva o cuando existan temores fundados de que ocurra precipitación que pueda deteriorar la capa subyacente.

- El acabado final de la estructura de pavimento (carpeta asfáltica o losa de concreto) debe cumplir con el diseño de estructura de pavimento aprobado y con las especificaciones técnicas del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) vigentes.

4.1.10. Recuperación de zonas verdes y duras

Toda intervención sobre zonas verdes y duras debe dejar el espacio en condiciones iguales o mejores a las previas a la obra. En zonas verdes, esto implica la instalación de césped, plantas de ornamentación y cualquier otro tipo de cobertura vegetal o paisajismo que haya sido afectado. El interventor debe documentar fotográfica y topográficamente el estado previo de las zonas a intervenir, con el fin de garantizar la correcta restitución de las condiciones originales.

En zonas duras —andenes, sardineles, pisos y senderos— se deben reconstruir con los mismos materiales destruidos, cumpliendo con las normativas vigentes aplicables (concretos, pisos cerámicos, gres u otras). En el caso de pavimentos vehiculares, debe contarse previamente con el diseño de estructura de pavimento correspondiente garantizando la restitución de condiciones originales de resistencia, pendientes de drenaje y acabo superficial.

4.1.11. Recibo de obras

Para el recibo de la obra, el interventor debe disponer de la totalidad de las pruebas, ensayos de laboratorio y de campo relacionados a lo largo del proceso constructivo. La evaluación de la conformidad de los materiales y productos instalados, al no existir normativa

aplicable en esta zona, se debe regir por la norma NS-100 "Criterios para la Evaluación de la Conformidad de los Productos que adquiere la EAAB-ESP" (Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP], 2001), adoptada como referencia técnica complementaria, que establece dos fases secuenciales:

- Revisión documental: el contratista debe entregar para cada producto suministrado (clasificados como Tipo B en la NS-100 —tuberías, sillas yee, pozos, cajas de inspección, conexiones domiciliarias y elementos prefabricados—) la siguiente documentación: (a) Declaración de Conformidad o Certificado de Conformidad del fabricante que incluya nombre y dirección, descripción del producto, número del organismo certificador y fecha de firma; (b) Certificación de conformidad de la Resolución 0501 de 2017 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio [MVCT], 2017b), que verifica la composición química de los tubos y accesorios; (c) Certificado Sello de Producto emitido por organismo acreditado ante el ONAC; y (d) Certificación de Lote mediante Esquema 1A, 1B o Tipo 5, según aplique, siguiendo los procedimientos de muestreo de la NTC ISO 2859-1 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2002)

- Inspección visual: una vez aprobada la revisión documental, el supervisor de la interventoría efectúa la inspección visual de los productos instalados para identificar defectos de fabricación, cargue o transporte. Los elementos que presenten rayones, abolladuras, golpes u otros defectos evidentes serán rechazados y el contratista estará obligado a reemplazarlos.

Adicionalmente, los soportes del acta de recibo final deben incluir: ensayos de materiales, registros de metodologías de construcción, actas de control de maquinaria y equipos, resultados de las pruebas de estanqueidad por tramo con la aprobación del interventor, y los planos récord del proyecto. Estos planos deben contener en su totalidad los detalles, la ubicación georreferenciada y el trazado definitivo de la obra, incluyendo pozos de inspección, cajas de inspección, conexiones domiciliarias, sillas yee, cotas clave y batea, y diámetros reales instalados, como soporte de la completitud y calidad de los trabajos ejecutados.

4.1.12. Mano de obra y equipos

El control de mano de obra y equipos debe realizarse midiendo el rendimiento real frente a lo estimado en los análisis de precios unitarios (APU). Para la mano de obra, se debe llevar registro del tiempo empleado por cuadrilla en relación con las cantidades de actividad ejecutada, contrastando con los rendimientos consignados en los APU. Para los equipos, de igual manera, se debe medir el tiempo de utilización frente a las cantidades construidas, diferenciando entre tiempo productivo, tiempo en espera y tiempo en mantenimiento.

Las diferencias entre lo calculado y lo observado en operación pueden generar ajustes al precio por unidad construida, los cuales deben gestionarse oportunamente con el contratista mediante actas de comité de obra debidamente suscritas. El interventor debe llevar un registro de

personal diario que incluya nombre, identificación, cargo, cuadrilla asignada y horas trabajadas, así como un registro de equipos con las horas de operación efectiva de cada máquina. Este control permite, adicionalmente, verificar el cumplimiento de las obligaciones laborales y de seguridad social del contratista respecto a sus trabajadores, conforme a la legislación colombiana vigente.

4.2. Diseñar instrumentos de seguimiento y control técnico mediante formatos de chequeo que permitan verificar la calidad en proyectos de alcantarillados sanitarios convencionales.

4.2.1. Criterios técnicos considerados para la estructuración de los formatos

El diseño de los instrumentos propuestos nace de un proceso de sistematización técnica del análisis normativo llevado a cabo en el Objetivo 1 de la presente investigación. A partir de dicho análisis, se puntualizaron los criterios técnicos obligatorios establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, adoptado mediante la Resolución 330 de 2017 y modificado parcialmente por la Resolución 799 de 2021, los cuales fueron tenidos en cuenta como base para la estructuración de los formatos de chequeo.

Cabe añadir que la estructuración de los instrumentos se realizó mediante la identificación de disposiciones específicas del RAS relacionadas con estudios básicos, diseño hidráulico, especificaciones constructivas y verificación del funcionamiento del sistema. Cada uno de los ítems incluidos en los formatos fue enlazado a un requerimiento normativo concreto, garantizando coherencia entre el instrumento de control y la reglamentación vigente.

También los formatos fueron organizados según la secuencia lógica del ciclo del proyecto, en sintonía con las etapas definidas por el RAS: planeación, ejecución y liquidación (verificación funcional). Esta organización metodológica da pie para poder realizar un seguimiento progresivo del cumplimiento técnico, evitando vacíos de control entre una fase y otra.

Por último, se incorporó el enfoque de gestión del riesgo, en atención a los lineamientos fortalecidos por la Resolución 799 de 2021, particularmente en lo relacionado con análisis de vulnerabilidad, adaptación al cambio climático y coherencia entre diseño y condiciones reales del entorno. Por ende, los formatos incluyen la verificación de estudios básicos y análisis técnicos que permitan identificar amenazas geotécnicas, hidráulicas o ambientales que puedan afectar el desempeño del sistema.

De manera complementaria, la estructuración de los formatos tomó como referencia técnica el cuerpo normativo de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB-ESP, el cual constituye uno de los marcos de especificaciones más completos y documentados disponibles en el contexto colombiano para la construcción y supervisión de redes de acueducto y alcantarillado. Las normas técnicas de servicio de la EAAB-ESP, entre ellas las relacionadas con excavaciones en zanja, entibados y tablestacados, rellenos y cimentación de tuberías, aportan criterios operativos detallados que complementan y desarrollan las disposiciones generales del RAS, facilitando su aplicación práctica en campo. En este sentido, dicho referencial fue utilizado como guía base para operacionalizar los requerimientos normativos en ítems verificables, concretos y aplicables a las condiciones reales de los proyectos.

Al usar estos indicadores, logramos que las normas se vuelvan datos medibles. Esto quita la subjetividad de la supervisión y da pruebas técnicas mucho más claras de cómo avanza el proceso constructivo.

4.2.2. Sistema de instrumentos de seguimiento y control técnico estructurado por fases del proyecto

El sistema de instrumentos diseñado se estructura conforme al ciclo técnico del proyecto de renovación de alcantarillado sanitario convencional, reconociendo que el control no puede concentrarse únicamente en la fase constructiva, sino que debe iniciar desde la planeación y extenderse hasta la verificación final de funcionamiento. Esta organización responde a los lineamientos del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (Resolución 330 de 2017 y Resolución 799 de 2021), que establece la aplicabilidad de requisitos técnicos en todas las etapas del proyecto.

En el contexto del municipio de Tibú, donde convergen condiciones de crecimiento poblacional, limitaciones presupuestales y una estructura institucional particular —con participación de la Alcaldía Municipal y de EMTIBU E.S.P. como operador del sistema de alcantarillado municipal, la estructuración por fases permite garantizar coherencia entre diseño, ejecución y futura operación del sistema.

4.2.3. Fase de planeación

La planeación constituye el momento de mayor impacto preventivo en la calidad del proyecto. En esta etapa se verifica la consistencia técnica del soporte documental que sustenta la intervención.

4.2.3.1. Formato 1. Control documental y técnico previo al inicio de obra. La verificación previa al inicio físico de la obra se orienta a analizar si los estudios básicos y diseños responden efectivamente a las condiciones reales del territorio intervenido. En Tibú, donde la

topografía urbana presenta variaciones de pendiente y donde existen zonas con niveles freáticos elevados en épocas de lluvia, resulta indispensable confirmar que los estudios topográficos y geotécnicos reflejen adecuadamente dichas condiciones.

La revisión técnica contempla la validación de perfiles longitudinales, análisis de pendientes proyectadas, cálculos hidráulicos de caudal y velocidad, así como la correspondencia entre memorias técnicas y planos constructivos. La coherencia entre estos documentos reduce el riesgo de ajustes improvisados durante la ejecución.

Asimismo, se examina la programación de obra y el plan de inspección y ensayo, garantizando que las actividades críticas —como pruebas de estanqueidad o ensayos de compactación— estén previstas contractualmente. Este control inicial materializa el principio de planeación contractual y convierte las exigencias generales del RAS en un ejercicio concreto de validación técnica antes del inicio de trabajos.

El instrumento para aplicar se puede consultar en el Anexo 01, Formato 01.

4.2.4. Fase de ejecución

Durante la ejecución se materializa físicamente el diseño aprobado. En esta etapa el control debe ser continuo y comparativo, verificando que cada actividad constructiva mantenga coherencia con los parámetros técnicos definidos en la planeación.

4.2.4.1. Formato 2. Control de localización y replanteo topográfico. La correcta materialización de alineamientos y cotas constituye la base del desempeño hidráulico del sistema. En un municipio como Tibú, donde la expansión urbana no siempre ha sido acompañada por actualizaciones del PBOT, la verificación en terreno adquiere mayor relevancia.

La comprobación de pendientes instaladas frente a pendientes de diseño permite asegurar que la velocidad de flujo se mantenga dentro de los rangos que evitan sedimentación o erosión interna. La revisión de interferencias con otras redes también resulta determinante, especialmente en zonas consolidadas donde existen cruces con acueducto, energía o gas.

El instrumento para aplicar se puede consultar en el Anexo 02, Formato 02.

4.2.4.2. Formato 3. Control de demoliciones y remoción de estructuras existentes. En proyectos de renovación, la demolición de pavimentos y la remoción de redes deterioradas representan una fase crítica que incide tanto en la seguridad como en la correcta restitución posterior del espacio público.

El registro técnico de esta actividad permite contrastar volúmenes ejecutados con cantidades contractuales, documentar condiciones encontradas en obra y garantizar una disposición adecuada de materiales retirados. En Tibú, donde los recursos municipales son limitados, la adecuada documentación de estas actividades contribuye a evitar controversias contractuales y a optimizar el uso del presupuesto disponible.

El instrumento para aplicar se puede consultar en el Anexo 03, Formato 03.

4.2.4.3. Formato 4. Control de excavaciones. La excavación constituye una de las actividades de mayor riesgo técnico. La verificación no se limita a dimensiones geométricas; incluye el análisis de estabilidad de taludes, presencia de agua y comportamiento del suelo intervenido.

En sectores del municipio donde se presentan suelos arcillosos o variaciones en el nivel freático, el control sobre la profundidad efectiva y las condiciones de soporte resulta fundamental para evitar asentamientos diferenciales posteriores.

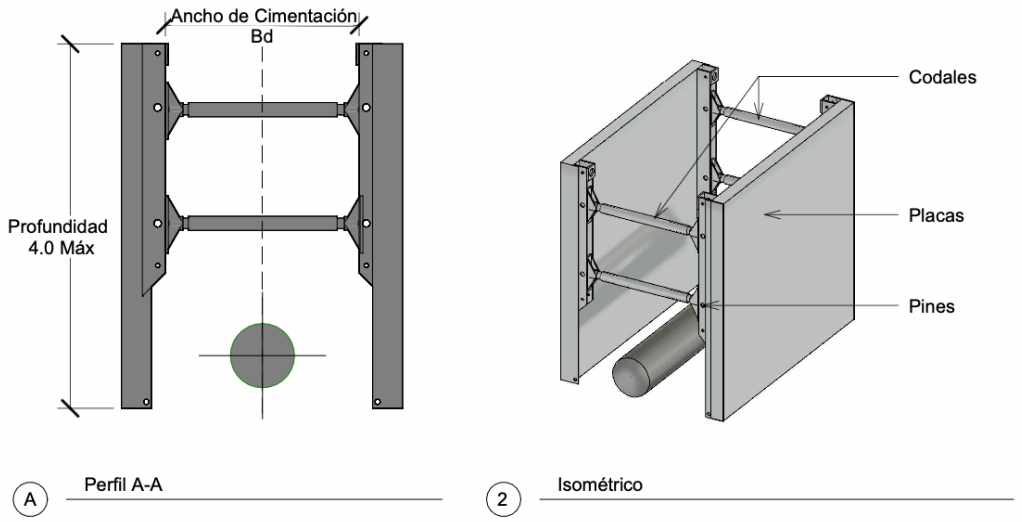
El instrumento para aplicar se puede consultar en el Anexo 04, Formato 04.

4.2.4.4. Formato 5. Control de entibados. Cuando las condiciones del terreno lo exigen, la implementación de sistemas de soporte lateral debe verificarse rigurosamente. La estabilidad durante la excavación no solo incide en la seguridad laboral, sino también en la integridad estructural de la tubería instalada.

El instrumento para aplicar se puede consultar en el Anexo 05, Formato 05.

Figura 3

Entibado tipo cajón, vista perfil A-A e isométrico



Nota. Tomado de NS – 072 Entibados y tablaestacados Anexo A. Entibado Tipo Cajón (p. 1), por Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá ESP, 2024

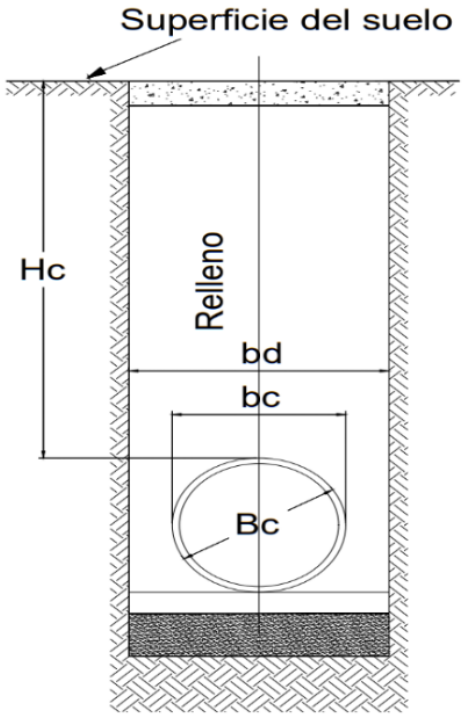
4.2.4.5. Formato 6. Control de material de cimentación y cama de apoyo. La calidad y espesor de la cama de apoyo determinan la distribución uniforme de cargas sobre la tubería. Una ejecución deficiente puede generar deformaciones que afecten la sección hidráulica y reduzcan la vida útil del sistema.

El control en esta etapa incluye la verificación de granulometría, espesor compactado y condiciones de humedad, asegurando que la tubería repose sobre una base técnicamente adecuada.

El instrumento para aplicar se puede consultar en el Anexo 06, Formato 06.

Figura 4

Instalación típica de conducto en zanja



Nota. Tomado de NS – 035 Requerimientos para diseño de cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado Anexo A3. Diseño estructural: cargas sobre los conductos de zanja (p. 6), por Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá ESP, 2024. Hc = Altura del relleno sobre la parte superior del conducto; bc = Ancho del conducto; bd = Ancho de la znaja en la parte superior del conducto.y Bc = diámetro del conducto.

4.2.4.6. Formato 7. Control de instalación de tubería y pozos de inspección. La instalación de la tubería constituye el momento central del proceso constructivo. La revisión técnica se orienta a confirmar que el diámetro, la clase y la alineación correspondan al diseño aprobado. Se presta especial atención a la pendiente real instalada y a la ejecución de pruebas de estanqueidad, garantizando que no existan infiltraciones ni exfiltraciones que comprometan la eficiencia del sistema.

En el caso de los pozos de inspección, la verificación de niveles de batea, conexiones y sellos hidráulicos resulta determinante para el correcto funcionamiento y mantenimiento futuro por parte de EMTIBU E.S.P.

El instrumento para aplicar se puede consultar en el Anexo 07, Formato 07.

4.2.4.7. Formato 8. Control de construcción e instalación de cajas de inspección domiciliarias. Las cajas de inspección domiciliarias constituyen el punto de conexión entre las acometidas internas de las viviendas y la red principal de alcantarillado sanitario. Aunque su dimensión es menor frente a otros componentes del sistema, su correcta construcción resulta determinante para evitar infiltraciones, obstrucciones y fallas prematuras en la red.

En proyectos de renovación de alcantarillado en zonas urbanas consolidadas de Tibú, la intervención de estas cajas suele implicar la demolición parcial de andenes o zonas duras existentes, así como la reposición de elementos constructivos. Por esta razón, el control técnico debe verificar no solo las dimensiones geométricas y la calidad de los materiales empleados, sino también la adecuada integración con las acometidas domiciliarias existentes.

El formato de control contempla la revisión de los siguientes aspectos técnicos:

- Dimensiones internas conforme a diseño o especificación técnica.
- Correcta alineación y nivelación respecto a la cota de la red principal.
- Espesor y calidad del concreto en fondo y muros.
- Sellado adecuado de juntas y puntos de conexión.
- Instalación de tapa y marco acorde con el tipo de superficie (zona dura o zona verde).

- Condiciones de hermeticidad que eviten infiltración de aguas superficiales.

En contextos donde el nivel freático puede variar en temporada de lluvias, como ocurre en algunos sectores del municipio, resulta especialmente importante verificar la estanqueidad de la estructura y la adecuada compactación del relleno perimetral, evitando asentamientos diferenciales que puedan generar fisuras o pérdida de alineación.

Este control también permite documentar el estado de las acometidas existentes al momento de la intervención, dejando registro técnico que respalde posibles ajustes o reposiciones necesarias. De esta manera, el instrumento no solo cumple una función constructiva, sino que fortalece la trazabilidad técnica del proyecto y facilita la posterior operación y mantenimiento por parte de EMTIBU E.S.P.

El instrumento para aplicar se puede consultar en el Anexo 08, Formato 08.

4.2.4.8. Formato 9. Control de rellenos y compactación. El proceso de relleno debe garantizar estabilidad estructural y adecuada restitución del terreno intervenido. La verificación de espesores por capas y resultados de ensayos de densidad previene fallas superficiales y asentamientos que puedan generar deterioro prematuro en pavimentos o andenes.

En un municipio con limitaciones para mantenimiento correctivo, este control adquiere especial relevancia en términos de sostenibilidad.

El instrumento para aplicar se puede consultar en el Anexo 09, Formato 09.

4.2.4.9. Formato 10. Control de recuperación de zonas verdes y zonas duras. La renovación de redes implica intervención directa sobre el espacio público. La adecuada recuperación de pavimentos, andenes y zonas verdes incide en la percepción ciudadana de la obra y en la funcionalidad urbana.

La verificación técnica asegura que las condiciones finales de entrega mantengan niveles de servicio equivalentes o superiores a los existentes antes de la intervención.

El instrumento para aplicar se puede consultar en el Anexo 10, Formato 10.

4.2.5. Fase de liquidación y cierre técnico

El cierre técnico consolida el proceso de verificación integral y constituye el momento de articulación con la empresa prestadora del servicio.

4.2.5.1. Formato 11. Verificación integral y recibo técnico final. La validación final integra resultados de pruebas hidráulicas, revisión de pendientes finales, entrega de planos récord y registro fotográfico completo del proyecto ejecutado. Este ejercicio permite sustentar técnicamente el recibo de la obra y facilita la transferencia operativa hacia EMTIBU E.S.P.

En un escenario donde el municipio mantiene instrumentos de ordenamiento territorial desactualizados, la existencia de registros técnicos estructurados se convierte en insumo valioso para futuras intervenciones y procesos de planificación.

El instrumento para aplicar se puede consultar en el Anexo 11, Formato 11.

4.2.6. Integración del sistema

La aplicación progresiva de los instrumentos genera un expediente técnico acumulativo que documenta la totalidad del proceso constructivo. Esta integración reduce la discrecionalidad, fortalece la responsabilidad contractual y contribuye a garantizar que las inversiones públicas en infraestructura sanitaria en el municipio de Tibú respondan a criterios técnicos verificables y sostenibles en el tiempo.

4.2.7. Aplicabilidad institucional de los instrumentos en el municipio de Tibú

La aplicabilidad de los instrumentos de seguimiento y control técnico diseñados en la presente investigación debe analizarse a la luz de la estructura institucional del municipio de Tibú y del marco jurídico que regula la prestación de los servicios públicos domiciliarios en Colombia.

En el municipio de Tibú, la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado está a cargo de las Empresas Municipales de Tibú E.S.P. (EMTIBU E.S.P.), entidad descentralizada creada mediante Acuerdo 006 del 27 de junio de 1996, con autonomía administrativa y

financiera y con objeto social orientado a la prestación eficiente y continua de los servicios públicos domiciliarios. Esta condición implica que, si bien la administración municipal puede estructurar y contratar proyectos de infraestructura sanitaria, la operación, mantenimiento y sostenibilidad del sistema recaen en la empresa prestadora.

En este contexto, los instrumentos propuestos no solo resultan aplicables en el ámbito de la supervisión o interventoría contractual ejercida por la Alcaldía Municipal, sino que también constituyen una herramienta técnica de articulación con EMTIBU E.S.P., particularmente en los procesos de revisión, recibo y puesta en operación de la infraestructura construida.

Desde la perspectiva contractual, la Ley 80 de 1993 establece el deber de vigilancia y control sobre la ejecución de los contratos estatales, obligación que puede materializarse mediante interventoría externa o supervisión interna. Por su parte, la Ley 1474 de 2011 refuerza la responsabilidad de interventores y supervisores frente al seguimiento técnico durante la ejecución contractual.

En el caso específico de Tibú, debido a su condición de municipio de sexta categoría y a las limitaciones presupuestales asociadas, en los contratos de mínima y menor cuantía no suele celebrarse contrato independiente de interventoría. En estos procesos, la Secretaría de Vías e Infraestructura designa un profesional que ejerce funciones de supervisión técnica directa. En contraste, en procesos de mayor cuantía o licitación pública, sí se suscribe contrato independiente de interventoría.

Esta dualidad institucional exige que los instrumentos diseñados sean funcionales tanto para interventores contratados externamente como para supervisores designados por la administración municipal. Al mismo tiempo, deben generar información técnica suficiente para

que EMTIBU E.S.P., como operador del servicio, pueda verificar que la infraestructura recibida cumple con los parámetros hidráulicos, estructurales y de calidad exigidos por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.

- La integración de estos instrumentos dentro del proceso contractual permite:
- Generar soporte documental verificable ante procesos de control fiscal o disciplinario.
- Facilitar la transferencia técnica de la infraestructura hacia el operador del servicio.
- Reducir riesgos de fallas prematuras en la red.
- Garantizar coherencia entre diseño aprobado, obra ejecutada y condiciones reales de operación.

Adicionalmente, considerando que el municipio continúa rigiéndose por un Plan Básico de Ordenamiento Territorial adoptado en el año 2000, cuyo horizonte programático se proyectaba hasta 2008, la existencia de instrumentos técnicos estandarizados adquiere especial relevancia como mecanismo de fortalecimiento institucional. Estos formatos permiten compensar, en parte, las debilidades derivadas de la desactualización de instrumentos de planificación territorial, asegurando que las intervenciones en redes sanitarias respondan a criterios técnicos verificables.

En síntesis, la aplicabilidad institucional de los instrumentos propuestos trasciende el ámbito estrictamente contractual y se proyecta como una herramienta estratégica de articulación entre la administración municipal y EMTIBU E.S.P., fortaleciendo la calidad técnica, la trazabilidad documental y la sostenibilidad de las inversiones públicas en proyectos de renovación de alcantarillado sanitario convencional en el municipio de Tibú.

4.2.8. Aporte técnico e institucional de la propuesta

La propuesta metodológica desarrollada en este capítulo trasciende la elaboración de formatos operativos y se configura como un aporte técnico orientado al fortalecimiento de la gestión pública local en materia de infraestructura sanitaria.

En primer lugar, los instrumentos diseñados permiten traducir los requerimientos establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (Resolución 330 de 2017) en variables técnicas verificables en campo. Esta conversión normativa-operativa facilita que el seguimiento contractual no se limite a observaciones generales, sino que se fundamente en parámetros medibles, tales como pendientes mínimas, diámetros nominales, espesores de cama de apoyo, resultados de ensayos de compactación y pruebas hidráulicas.

En segundo lugar, la estructuración de los instrumentos por fases —planeación, ejecución y liquidación— garantiza un control progresivo del proyecto, permitiendo documentar cada etapa del proceso constructivo. Esta trazabilidad técnica contribuye a reducir la discrecionalidad en la supervisión y fortalece la transparencia en la gestión contractual.

En el contexto específico del municipio de Tibú, caracterizado por una población proyectada superior a 70.000 habitantes y una amplia proporción de zona rural dispersa, la correcta ejecución de proyectos de alcantarillado sanitario adquiere una dimensión estratégica en términos de salud pública, sostenibilidad ambiental y calidad de vida.

Asimismo, la condición de municipio de sexta categoría, sumada a la desactualización de su instrumento de ordenamiento territorial, refuerza la necesidad de contar con mecanismos técnicos que permitan garantizar la coherencia entre estudios previos, diseño aprobado y obra ejecutada.

Desde la perspectiva jurídica, la implementación sistemática de estos instrumentos contribuye al cumplimiento de las obligaciones derivadas de la Ley 80 de 1993 y la Ley 1474 de 2011, en cuanto fortalece el deber de vigilancia y control sobre la ejecución contractual. La existencia de registros técnicos estructurados proporciona soporte documental ante eventuales procesos de auditoría, control fiscal o revisión disciplinaria.

Desde el punto de vista técnico, el sistema propuesto aporta a:

- Mejorar la calidad constructiva de las redes sanitarias.
- Reducir riesgos de fallas hidráulicas.
- Prevenir asentamientos diferenciales y deterioro prematuro.
- Garantizar la correcta realización de pruebas de funcionamiento.
- Consolidar un expediente técnico completo del proyecto.

En términos institucionales, la estandarización de estos instrumentos promueve la consolidación de una cultura de control técnico basada en evidencia, permitiendo que las experiencias documentadas sirvan como insumo para futuras intervenciones y para procesos de actualización del planeamiento territorial.

En conclusión, el sistema de instrumentos diseñado constituye una estrategia metodológica integral que articula el marco normativo nacional con las particularidades institucionales del municipio de Tibú, fortaleciendo la capacidad técnica de la administración municipal y contribuyendo a la sostenibilidad de las inversiones públicas en infraestructura de alcantarillado sanitario convencional.

4.3. Crear una guía para la interventoría técnica de proyectos de renovación de alcantarillado sanitario convencional en el municipio de Tibú mediante formatos que faciliten la verificación de especificaciones técnicas y el cumplimiento de buenas prácticas constructivas

El presente apartado condensa el producto final de la investigación, materializado en una guía técnica para la interventoría de proyectos de renovación de alcantarillado sanitario convencional en el municipio de Tibú, Norte de Santander. Dicha guía integra, en un documento estructurado y de aplicación práctica, los hallazgos del análisis normativo, los criterios técnicos identificados en la revisión bibliográfica y los instrumentos de verificación desarrollados a partir de los objetivos precedentes.

La guía está concebida como una herramienta de consulta y control para los profesionales encargados de la supervisión técnica, orientada a facilitar la verificación sistemática del cumplimiento de especificaciones constructivas a lo largo de las etapas de planeación, ejecución y liquidación del proyecto. Su estructura responde a la lógica del ciclo constructivo y se fundamenta en los requerimientos establecidos por el RAS — Resolución 330 de 2017 y su modificación parcial mediante la Resolución 799 de 2021 —, complementados con las normas técnicas de la EAAB-ESP como referencial operativo de detalle.

Se anexa como resultado final de este trabajo de grado, documento denominado “guía para la interventoría técnica de proyectos de renovación de alcantarillado sanitario convencional en el municipio de Tibú, Norte de Santander.”

Conclusiones

El desarrollo del presente trabajo de grado, permitió diseñar una guía técnica para la interventoría de proyectos de renovación de alcantarillado sanitario convencional en el municipio de Tibú, Norte de Santander, a partir de la compilación del marco normativo vigente y su traducción en criterios operativos verificables. A continuación, se presentan las conclusiones derivadas del cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos.

En relación con el primer objetivo específico, se determinó los parámetros de evaluación para la supervisión técnica en proyectos de alcantarillado sanitario con tubería de PVC. Mediante la revisión organizada de la Resolución 0330 de 2017 (RAS), las normas técnicas de la EAAB-ESP (NS-019, NS-029, NS-035, NS-068, NS-072, NS-100, NE-012, NP-040) y las Normas Técnicas Colombianas (NTC 3722-3, NTC 4771, NTC 6271, NTC-ISO 2859-1), se identificaron los criterios técnicos críticos que inciden directamente en la calidad del alcantarillado sanitario. Estos parámetros abarcan desde las condiciones previas de planificación hasta las pruebas de recibo final, incluyendo tolerancias dimensionales, especificaciones de materiales, métodos de instalación de rellenos, pruebas a la correcta instalación de la tubería pvc y criterios de aceptación de productos.

Respecto al segundo objetivo específico, se diseñaron instrumentos de seguimiento y control técnico mediante formatos de chequeo estructurados para cada etapa del proceso constructivo. Estos instrumentos convierten los requisitos normativos en variables técnicas verificables, con rangos cuantitativos específicos: tolerancia de ±20 mm en cotas de excavación, frentes de trabajo máximo de 100 m lineales, espesores de capa de relleno de 0,20 m, porcentajes de compactación del 95% del Proctor modificado, pendientes mínimas del 2% en conexiones

domiciliarias, entre otros. La aplicación de estos formatos permite que la interventoría contractual evolucione desde una verificación descriptiva hacia el control técnico cuantificable.

En cuanto al tercer objetivo específico, se elaboró la guía técnica que integra en un único documento los parámetros normativos, los procedimientos constructivos y los instrumentos de verificación. La guía abarca las actividades fundamentales del ciclo constructivo: planificación, localización y replanteo topográfico, demoliciones y excavaciones, entibados, materiales de cimentación, instalación de tubería, pozos de inspección, cajas de inspección, rellenos, recuperación de zonas verdes y duras y recibo de obras. Cada sección establece los criterios de tolerancia admisible, los campos de valores de diseño y medido, cumplimiento de la actividad y acción correctiva o preventiva. Lo anterior, le proporciona al interventor una herramienta práctica que responde a la realidad operativa de municipios de sexta categoría como Tibú, Norte de Santander.

Finalmente, se concluye que la ausencia de instrumentos estandarizados de control para la interventoría técnica en municipios con recursos limitados constituye una debilidad estructural que compromete la calidad de las obras de saneamiento básico y que deriva en hallazgos fiscales, disciplinarios y/o penales. La guía propuesta contribuye a cerrar esta brecha al ofrecer un marco operativo que facilita la toma de decisiones técnicas objetivas, reduce la subjetividad en la supervisión y fortalece la transparencia en la ejecución contractual. Asimismo, se evidenció que la normativa nacional mediante algunas empresas locales de servicios públicos, aunque robusta en sus lineamientos técnicos, carece de formatos estandarizados y públicos para su aplicación en campo, lo que justifica la pertinencia de herramientas como la desarrollada en este trabajo de investigación.

Recomendaciones

A partir de los hallazgos y conclusiones del presente trabajo de investigación, se formulan las siguientes recomendaciones dirigidas a las entidades territoriales, interventores, supervisores y profesionales involucrados en proyectos de renovación de alcantarillado sanitario convencional.

Se recomienda a la Alcaldía Municipal de Tibú y a las Empresas Municipales de Tibú E.S.P. (EMTIBÚ) adoptar la guía técnica propuesta como documento de referencia en los procesos de contratación de obras de alcantarillado sanitario, incorporándola como requisito dentro de los pliegos de condiciones y los términos de referencia para interventoría y supervisión técnica. Esta adopción institucional permitiría estandarizar los criterios de control y facilitaría la evaluación objetiva del desempeño de contratistas e interventores.

Se sugiere que, en futuras investigaciones, se realice una validación en campo de los instrumentos de chequeo propuestos, aplicándolos en al menos un proyecto de renovación de alcantarillado en ejecución. Esta validación permitiría identificar ajustes necesarios en los formatos, evaluar su usabilidad por parte de los profesionales en obra y medir su impacto en la reducción de no conformidades técnicas.

Es pertinente ampliar el alcance de la guía para incluir los componentes administrativo y financiero de la interventoría, dado que el presente documento se enfocó exclusivamente en el componente técnico. La integración de estos tres componentes en un solo instrumento

proporcionaría una herramienta integral que cubra la totalidad de las responsabilidades del interventor conforme a la Ley 1474 de 2011.

Se recomienda mantener la guía actualizada conforme a las modificaciones normativas que se produzcan en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), las normas técnicas de la EAAB-ESP y las Normas Técnicas Colombianas aplicables. Para ello, se sugiere establecer un mecanismo de revisión periódica, preferiblemente anual, que incorpore las actualizaciones normativas y las lecciones aprendidas de su aplicación en campo.

Las diferencias entre lo calculado y lo observado en operación pueden generar ajustes al precio por unidad construida, los cuales deben gestionarse oportunamente con el contratista mediante actas de comité de obra debidamente suscritas. El interventor debe llevar un registro de personal diario que incluya nombre, identificación, cargo, cuadrilla asignada y horas trabajadas, así como un registro de equipos con las horas de operación efectiva de cada máquina. Este control permite, adicionalmente, verificar el cumplimiento de las obligaciones laborales y de seguridad social del contratista respecto a sus trabajadores, conforme a la legislación colombiana vigente.

Referencias

Alcaldía Municipal de Tibú. (22 de Noviembre de 2023). *https://www.contratos.gov.co/.* https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=22-12-13434550

Alcaldía Municipal de Tibú. (14 de Agosto de 2023). *Secop contratos.* PRIMERA FASE OPTIMIZACIÓN DE ALCANTARILLADO URBANO, MEDIANTE EL REEMPLAZO DE REDES EN EL BARRIO VILLA NUEVA EN LAS CALLES 18, 19 Y 20 ENTRE LAS CARRERAS 16 Y 17 EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER: https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=23-11-13757888

Alcaldía municipal de Tibú. (2024). *Plan de desarrollo municipal 2024 - 2027.* Alcaldía Municipal de Tibú: https://www.tibu-nortedesantander.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-municipal-2024-2027

American Society for Testing and Materials [ASTM]. (04 de Julio de 2019a). *Standard Specificaction for Carbon Structural Steel ASTM A36.* https://doi.org/10.1520/A0036_A0036M-19

American Society for Testing and Materials [ASTM]. (21 de Mayo de 2021a). *Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel A572.* https://doi.org/10.1520/A0572_A0572M-18

American Society for Testing and Materials [ASTM]. (2021b). *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft3 (2,700 kN-m/m3)) [D1557].* ASTM.

American Society for Testing and Materials [ASTM]. (2024). *Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by Sand-Cone Method [D1556].* ASTM.

Congreso de la República de Colombia. (28 de Octubre de 1993). *Estatuto General de Contratación de la Administración Pública.* https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=304

Constitución Política de Colombia [Const.]. (1991). Artículo 64 [Capítulo 2]. Colombia.

Corponor. (Diciembre de 2018). *Corporación autónoma de Norte de Santander.* Documentos De Lineamientos Técnicos Para La Gestión Del Cambio Climático Y Un Desarrollo Bajo En Carbono Y Resiliente Al Clima: https://corponor.gov.co/corponor/PICCDNS/PRODUCTO_N_1_3206002.pdf

Departamento administrativo nacional de estadística DANE. (2018). *Censo nacional de población y vivienda (CNPV).*

Departamento Nacional de Planeación. (2014). *Informe de seguimiento de los objetivos de desarrollo del milenio.* Departamento Nacional de Planeación: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Social/Informe%20ODM_versi%C3%B3nfinal.pdf

Departamento Nacional de Planeación. (26 de Marzo de 2024). *Terridata.* Terridata: https://terridata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles/54810

EMPAS S.A. (s.f.). *Anexo 4: especificaciones de obras construcción PTAR Portugal.* EMPAS S.A.: https://www.empas.gov.co/mod_documentos/elfinder/files/Contratacion/019-15/Especificaciones%20tecnicas/4.%20Anexo%204.%20Especificaciones%20de%20obras%20Construcci%C3%B3n%20PTAR%20PORTUGAL.pdf

Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP]. (2001). *NS - 100 Criterios para la evaluación de la conformidad de los productos que adquiere la EAAB-ESP V1.0.* EAAB-ESP.

Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP]. (2020). *NS-068 Conexiones domiciliarias domésticas y no domésticas V5.0.* EAAB-ESP.

Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP]. (2023). *NE-012 Pruebas de Estanqueidad en redes de alcantarillado V1.0.* EAAB-ESP.

Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP]. (2024a). *Entibados y Tablestacados V4.0.* EAAB-ESP.

Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP]. (2024b). *NS-029 Criterios de diseño de pozos y cámaras de inspección para sistemas de alcantarillado V5.0.* EAAB-ESP.

Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP]. (2024c). *Requerimiento para diseño de cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado V5.0.* EAAB-ESP.

Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP]. (2024d). *Rellenos NP-040 V7.0.* EAAB-ESP.

Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP]. (2024e). *Rellenos V7.0.* EAAB-ESP.

Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP]. (2026). *Tuberías para alcantarillado NP-027 V14.1.* EAAB-ESP.

Empresas de acueducto y Alcantarillado de Bogotá [EAAB-ESP]. (2019). *NS-019 Excavaciones en zanja.* EAAB-ESP.

Gobernación Norte de Santander. (30 de Septiembre de 2023). *SECRETARÍA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO* . Plan de Desarrollo Departamental 2020-2023: https://administrador.nortedesantander.gov.co/wp-content/uploads/2023/11/BALANCE-DE-GESTION-2020-2023-SECRETARIA-DE-AGUA-POTABLE-Y-SANEAMIENTO-BASICO.pdf

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2002). *NTC-ISO 2859-1: Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1: Planes de muestreo determinados por el nivel aceptable de calidad (NAC) para inspección lote a lote.* ICONTEC.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2018). *NTC 6271: Información geográfica. Estudios topográficos.* BOGOTÁ: ICONTEC.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2023). *NTC 3722-3: Sistemas de tuberías plásticas para uso sin presión en drenajes y alcantarillados enterrados... Parte 3.* ICONTEC.

Instituto geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (30 de Mayo de 2018). *Resolución 643 de 2018: Por la cual se establecen las especificaciones técnicas para la producción de cartografía básica, los criterioes técnicos para los levantamientos topográficos y los criterios técnicos para los levantamientos geodésicos en Colombia.* https://www.igac.gov.co/sites/default/files/transparencia/normograma/resolucion_643_de_2018.pdf

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio [MVCT]. (08 de Junio de 2017a). *Resolución 0330 de 2017: Por la cual adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS).* Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio: https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0330-2017-0

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio [MVCT]. (04 de Agosto de 2017b). *Resolución 0501 de 2017: Por la cual se expiden los requisitos técnicos relacionados con composición química e información, que deben cumplir los tubos, ductos y accesorios de acueducto y alcantarillado.* Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio: https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/resolucion-501-de-2017.pdf

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio [MVCT]. (09 de Diciembre de 2021c). *Resolución 799 de 2021.* Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio: https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/0799_2021.pdf

Presidencia de la República de Colombia. (10 de diciembre de 1980). *Decreto 3154 de 1980.* Sistema único de información normativa: https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1517075

Superintendencia de servicios públicos domiciliarios. (2020). *Informe nacional de coberturas de los servicios publicos de acueducto, alcantarillado y aseo.* Superservicios: https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/informe_nacional_de_coberturas_de_los_servicios_publicos_aaa_2020_vf_a%20(1).pdf

Universidad Antonio Nariño. (31 de julio de 2024). *La encrucijada del agua en Colombia: de los retos urbanos al compromiso rural con el tratamiento de aguas residuales.* Ascun: https://ascun.org.co/noticias-ies/la-encrucijada-del-agua-en-colombia-de-los-retos-urbanos-al-compromiso-rural-con-el-tratamiento-de-aguas-residuales-uan/

Wavin. (2023). *Problemas comunes en las tuberías de alcantarillado y cómo detectarlos*. Pavco: https://blog.wavin.com/es-ec/problemas-comunes-en-las-tuberias-de-alcantarillado-y-como-detectarlos

ANEXOS