

**Diseño de una guía técnica para el control y seguimiento en la construcción de
estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales**

Oscar David Hernández Monzón

**Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Interventoría y Supervisión de la
Construcción**

Director

Marlon Leonardo Rodríguez Sierra

Ingeniero Civil, Magíster en Ciencias.

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Especialista en Interventoría y Supervisión de la Construcción

2026

Dedicatoria

A mis padres, hijos y hermanos

Este logro es mío, pero también de todos ustedes.

Con gratitud y amor infinito.

Agradecimientos

A Dios, por brindarme una nueva oportunidad de aprender y crecer en mi profesión, por enseñarnos que sus tiempos son perfectos y que sus planes siempre superan los nuestros.

A mis padres, por sus sacrificios y esfuerzos de apoyo

A mis Dos hijos por darme la fuerza de seguir adelante y luchar por nuevas metas y objetivos. Poder darles el ejemplo más grande del mundo

A mis hermanos, por acompañarme incondicionalmente en este camino y apoyo constante.

A mis docentes, por compartir su conocimiento con entrega y por su compromiso con nuestra formación y desarrollo profesional.

Al ingeniero Marlon Leonardo Rodríguez Sierra, por creer que esta idea de monografía es un trabajo necesario para aportar a la calidad de las obras hidráulicas y por su excelente profesionalismo.

A todos, nuestro mi más profundo agradecimiento.

Contenido

Introducción	13
1. Diseño de una guía técnica para el control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales	15
1.1 Planteamiento del problema.....	15
1.2 Justificación.....	16
1.3 Objetivos	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2 Objetivos específicos	18
2. Marco referencial	19
2.1. Antecedentes	19
2.2. Marco teórico	22
2.2.1. Control técnico en obras hidráulicas viales	22
2.2.2. Supervisión, interventoría y fiscalización	23
2.2.3. Gestión de la calidad y seguimiento en la construcción	24
2.2.4. Criterios hidráulicos y estructurales de diseño	25
2.2.5. Enfoque integral de control técnico	26
2.2 Marco conceptual	27
2.4. Marco legal.....	29
2.4.1. Contratación estatal y control contractual	29
2.4.2. Normativa técnica sectorial (vial e hidráulica).....	29
2.4.3. Medio ambiente, agua y gestión del riesgo	30
2.4.4. Seguridad vial, seguridad y salud en el trabajo y gestión documental	31

3. Metodología	32
3.1. Diseño de la investigación	32
3.2. Enfoque de la investigación	33
3.3. Población y muestra	34
3.4. Técnicas y procedimientos de recolección de información	36
3.4.1. Fase 1. Revisión normativa y técnica	37
3.4.2. Fase 2. Análisis de manuales y guías técnicas	38
3.4.3. Fase 3. Identificación de actividades clave	38
3.4.4. Fase 4. Diseño de la propuesta metodológica.....	39
3.5. Instrumentos de recolección de datos.....	39
3.6. Técnicas de análisis de la información.....	41
4. Resultados	43
4.1. Síntesis del proceso de análisis documental.....	43
4.2. Estructuración de la matriz de actividades de control y seguimiento	44
4.2.1. Clasificación inicial de elementos hidráulicos	44
4.2.2 Normalización de criterios técnicos	45
4.2.3 Asignación específica de actividades de control y seguimiento.....	46
4.2.4 Validación normativa cruzada	47
4.2.5 Organización final de la matriz	48
4.3. Jerarquización en las tres categorías definidas.....	49
4.3.1. Categoría 1: Actividades para el control de calidad y seguimiento administrativo	49
4.3.2. Categoría 2: Actividades para el control de calidad y seguimiento en obra	51

4.3.3. Categoría 3: Actividades para el control de calidad y seguimiento de conservación y mantenimiento	52
4.4. Tabla consolidada de resultados por categoría.....	54
5. Guía Técnica Para El Control Y Seguimiento De Estructuras Hidráulicas Asociadas A Proyectos Viales Proyectos Viales	56
5.1. Control De Calidad Y Seguimiento Administrativo	57
5.2. Control De Calidad Y Seguimiento En Obra	61
5.3. Control De Conservación Y Mantenimiento.....	66
6. Conclusiones.....	68
Referencias.....	70

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Muestra documental para la obtención y recopilación de información con relación a la construcción de estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales con el fin de diseñar una guía técnica para el control y seguimiento.</i>	35
Tabla 2. <i>Matriz de categorización documental</i>	38
Tabla 3. <i>Consolidado de información para la categorización de las faces de control y seguimiento las cuales se clasificaron en control administrativo, control en obra y control para la conservación y mantenimiento.</i>	54
Tabla 4. <i>Matriz para el control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas para la etapa de planeación y revisión previa (administrativo)</i>	57
Tabla 5. <i>Matriz para el control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas para la etapa de ejecución en obra.</i>	61
Tabla 6. <i>Matriz para el control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas para la etapa de conservación y/o mantenimiento.</i>	67

Resumen

El presente trabajo tiene como propósito diseñar una guía técnica para el control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales, con el fin de contribuir al mejoramiento de la calidad, funcionalidad y durabilidad de estas obras. El problema identificado se relaciona con las debilidades en la interventoría y supervisión técnica de alcantarillas, cunetas, canales, box culverts y demás obras de drenaje, donde el seguimiento suele centrarse en aspectos administrativos y financieros, dejando en segundo plano la verificación de procesos constructivos, materiales y condiciones hidráulicas exigidas por la normativa vigente. Frente a esta situación, se plantea como objetivo general el diseño de una guía que consolide criterios, actividades y responsabilidades de control aplicables en campo por parte de supervisores, interventores y residentes de obra. Metodológicamente, la investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo, de tipo descriptivo y documental, con un diseño no experimental y transversal; se basa en la revisión, selección y análisis comparativo de normas, manuales y guías técnicas nacionales e internacionales (INVÍAS, RAS, EAAB, DNP, MOP Chile, AASHTO, entre otros), organizadas mediante matrices de análisis y categorización. Como resultado, se estructuran las fases constructivas críticas de las estructuras hidráulicas, se identifican las actividades clave de control y los criterios de aceptación asociados, y se organiza una propuesta metodológica en forma de guía técnica orientada a la práctica profesional. Se concluye que la estandarización de procedimientos de seguimiento, soportada en la normativa vigente y en buenas prácticas internacionales, fortalece la labor de interventoría, mejora la trazabilidad del control de calidad y reduce el riesgo de fallas prematuras en las obras hidráulicas viales.

Palabras clave: Estructuras hidráulicas; Proyectos viales; Seguimiento de obra; Gestión de la calidad; Ensayos de materiales; Obras de drenaje.

Abstract

This monograph aims to design a technical guide for the control and monitoring of hydraulic structures involved in road construction projects, with the purpose of improving the quality, performance, and durability of these works. The study identifies persistent weaknesses in inspection and supervision processes, particularly regarding culverts, drainage channels, box culverts, ditches, and other hydraulic structures, where monitoring often focuses on administrative or financial aspects rather than on construction procedures, material compliance, and hydraulic performance required by current regulations. The general objective is to consolidate a practical and technically robust guide that establishes control criteria, field verification activities, and responsibilities for supervisors, inspectors, and site engineers. Methodologically, the research follows a qualitative, descriptive, and documentary approach with a non-experimental and cross-sectional design, based on the review, selection, and comparative analysis of national and international standards, manuals, and technical guidelines (INVÍAS, RAS, EAAB, DNP, MOP Chile, AASHTO, among others), organized through analytical and categorization matrices. The results include the identification of critical construction phases, key control points, and acceptance criteria for hydraulic structures, leading to the creation of a methodological proposal structured as a technical guide oriented to professional field application. The study concludes that standardizing monitoring procedures—supported by regulations and international best practices—strengthens supervision processes, improves quality traceability, and reduces the risk of premature failures in hydraulic structures associated with road projects.

Keywords: quality control; Hydraulic structures; Road projects; Construction monitoring; Quality management; Material testing; Drainage works.

Glosario

Alcantarilla: estructura hidráulica utilizada para permitir el paso de agua bajo una vía mediante tuberías, cajones o bóvedas, garantizando la continuidad del drenaje natural. (Instituto Nacional de Vías – INVÍAS 2013.)

Aguas de escorrentía: flujos superficiales provenientes de la lluvia que se desplazan sobre el terreno y deben ser controlados mediante obras de drenaje. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2017.)

Aprovechamiento hidráulico: capacidad de una estructura para recibir, transportar y evacuar el caudal para el cual fue diseñada bajo condiciones de operación seguras. (Chow, V. T. (1988). Open-channel hydraulics. McGraw-Hill.)

Box Culvert (Caja de Drenaje): estructura hidráulica rectangular, prefabricada o fundada en sitio, utilizada cuando se requiere mayor capacidad de conducción o resistencia estructural bajo vías. (American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO. (2018). LRFD Bridge Design Specifications.)

Calidad de obra: cumplimiento de especificaciones técnicas, normativas y diseño durante la ejecución de una estructura. (Departamento Nacional de Planeación – DNP. (2012). Guía de Interventoría para Proyectos de Infraestructura.)

Capacidad hidráulica: volumen máximo de agua que una estructura puede transportar sin generar reboses o fallas. (French, R. (1985). Open-channel hydraulics. McGraw-Hill.)

Control de obra: proceso mediante el cual se verifica que la ejecución cumple con las especificaciones técnicas, normativas y contractuales. (DNP. (2012). Guía de Interventoría para Proyectos de Infraestructura.)

Cuneta: canal superficial longitudinal que capta escorrentías y las conduce hacia alcantarillas o estructuras de descarga. (INVÍAS. (2013). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.)

Drenaje longitudinal: sistema de conducción paralelo al eje vial que controla la acumulación de agua y protege la estructura del pavimento. (AASHTO. (2018). Highway Drainage Guidelines.)

Estructuras hidráulicas viales: conjunto de obras destinadas al manejo de aguas superficiales y subterráneas en proyectos viales. (MOP Chile. (2015). Manual de Carreteras, Volumen 6: Drenaje.)

Especificaciones técnicas: documentos normativos que definen los criterios, procesos y tolerancias requeridos para cada actividad constructiva. (INVÍAS. (2013). EGC – Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.)

Geotextil: material sintético permeable utilizado para filtración, separación o refuerzo en obras geotécnicas e hidráulicas. (Koerner, R. M. (2012). Designing with geosynthetics (6th ed.). Xlibris.)

Guía técnica: documento metodológico que compila lineamientos y procedimientos para estandarizar el control y seguimiento de actividades de obra. (DNP. (2012). Guía de Interventoría para Proyectos de Infraestructura.)

Interventoría: actividad profesional que controla, supervisa y verifica el cumplimiento técnico, administrativo, financiero y ambiental de un proyecto. (Ley 80 de 1993. Estatuto General de Contratación de la Administración Pública.)

Lecho de apoyo: superficie nivelada y compactada sobre la cual se instalan tuberías o estructuras prefabricadas para asegurar estabilidad y alineación. (AASHTO. (2018). Installation of Culverts Guidelines.)

Nivel freático: superficie donde la presión del agua subterránea es igual a la atmosférica, afectando procesos de filtración, estabilidad y socavación. (Das, B. M. (2010). Principles of geotechnical engineering. Cengage Learning.)

Obras de drenaje: infraestructuras destinadas a captar, conducir y evacuar aguas superficiales o subterráneas dentro de un proyecto vial. (INVÍAS. (2013). EGC – Especificaciones de Drenaje.)

Planimetría: representación horizontal de un proyecto, incluyendo ejes, alineamientos, cotas y ubicación de estructuras. (Arquietos, J. (2014). Topografía aplicada a la ingeniería civil. Alfaomega.)

Reflujo (Remanso): incremento del nivel aguas arriba de una estructura debido a obstrucciones o insuficiencia hidráulica. (Chow, V. T. (1988). Open-channel hydraulics.)

Trazabilidad: Registro documentado de cada etapa del proceso constructivo para asegurar control de calidad y soporte técnico. (ISO. (2015). ISO 9001:2015 – Sistemas de gestión de calidad.)

Transversalidad hidráulica: capacidad de las estructuras para permitir el paso controlado del flujo de un lado al otro de la vía. (AASHTO. (2018). Highway Drainage Guidelines.)

Vertimiento: descarga del agua hacia un cauce natural o zona de disipación, diseñada para evitar procesos erosivos. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Resolución 0631 de 2015.)

Introducción

Las estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales —como alcantarillas, cunetas, canales y obras de drenaje transversal— son fundamentales para garantizar la estabilidad, funcionalidad y durabilidad de la infraestructura vial. No obstante, en la práctica constructiva colombiana, el control técnico de estas estructuras suele ser insuficiente durante la etapa de ejecución, lo que ocasiona fallas prematuras, socavaciones y deterioro acelerado de las vías (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2023; Gobernación de Boyacá, 2025). Esta problemática evidencia la necesidad de fortalecer los procesos de supervisión e interventoría mediante herramientas específicas que orienten el seguimiento técnico y aseguren el cumplimiento de las normas de calidad.

A pesar de que existen diversos instrumentos normativos —como las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras (INVÍAS, 2022), el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (Resolución 0330 de 2017) y los manuales de supervisión de la EAAB (2020) y el DNP (2023)—, su aplicación en campo suele ser parcial o fragmentada. En muchos casos, el seguimiento se limita a aspectos administrativos o financieros, dejando de lado la verificación técnica de materiales, procedimientos y condiciones hidráulicas. Esta situación repercute directamente en la calidad constructiva y en la sostenibilidad de la infraestructura vial.

Frente a ello, el presente trabajo tiene como propósito diseñar una guía técnica para el control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales, que consolide las buenas prácticas, criterios de verificación y responsabilidades técnicas de los actores involucrados. La guía busca convertirse en una herramienta de apoyo para supervisores, interventores y residentes de obra, promoviendo la uniformidad en los procesos de control, la eficiencia en la supervisión y la mejora continua de la gestión técnica.

El documento se estructura en cinco capítulos: el primero presenta el problema, la justificación y los objetivos de la investigación; el segundo desarrolla el marco referencial teórico, conceptual y legal; el tercero describe la metodología utilizada para la recolección y análisis de la información; el cuarto expone los resultados obtenidos a partir del proceso de categorización y análisis de las actividades de control de calidad y seguimiento identificadas; y el quinto presenta la guía técnica propuesta, junto con su respectiva explicación, la cual organiza dichas actividades en matrices estructuradas que facilitan su aplicación en el control y seguimiento de las estructuras hidráulicas en proyectos de infraestructura vial.

1. Diseño de una guía técnica para el control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales

1.1 Planteamiento del problema.

Las estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales como alcantarillas, box culverts, canales de drenaje y obras transversales son fundamentales para garantizar la estabilidad, seguridad y durabilidad de la infraestructura de transporte. A pesar de su importancia, en la práctica, estas estructuras no siempre reciben una atención técnica proporcional a otros procesos constructivos como estructuras de pavimentos o estabilización de taludes durante la fase constructiva, lo cual puede desencadenar fenómenos de socavación, pérdida de banca, obstrucción de flujos hídricos e incluso colapso de tramos viales. (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2023; Gobernación de Boyacá, 2025).

Diversos informes técnicos y manuales institucionales evidencian que la interventoría y supervisión de este tipo de obras presentan debilidades en cuanto al seguimiento técnico específico, la ejecución de ensayos de calidad en sitio y la validación de procesos constructivos acordes con las normas de diseño y el contexto hidráulico local. En muchos contratos, la supervisión se concentra en el control documental o financiero, descuidando aspectos técnicos críticos como el manejo de escorrentías, la compactación de rellenos sobre estructuras o el alineamiento hidráulico y estructural de las obras de paso (DNP, 2023).

Además, la normatividad técnica aplicable —como la Resolución 0330 de 2017 para obras de saneamiento o los lineamientos de INVÍAS para obras de drenaje vial— se encuentra fragmentada o dispersa, y su aplicación no siempre es sistemática por parte de los interventores o

supervisores de campo. Esta situación se agrava en zonas rurales o en proyectos de mínima cuantía, donde la capacidad institucional o técnica de los contratistas e interventores es limitada.

En este contexto, se evidencia la necesidad de fortalecer los procesos de control de calidad y seguimiento técnico en la ejecución de estructuras hidráulicas dentro de proyectos de infraestructura vial, con el fin de garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas, la durabilidad de las obras y una adecuada gestión constructiva.

Aunque existen normas y lineamientos técnicos establecidos por diferentes entidades, en la práctica se observa que la información se encuentra dispersa en múltiples documentos normativos y técnicos, lo cual dificulta su consulta y aplicación sistemática durante las diferentes etapas del proyecto. Esta situación plantea la necesidad de consolidar y organizar dichos lineamientos en una herramienta que facilite su implementación en los procesos de control y seguimiento. En este sentido, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo estructurar una guía técnica que permita organizar y sistematizar las actividades de control de calidad y seguimiento aplicables a la ejecución de estructuras hidráulicas en proyectos de infraestructura vial, con base en la normativa y documentación técnica vigente?

1.2 Justificación

Las estructuras hidráulicas en proyectos viales cumplen un papel fundamental en la conservación y funcionamiento de la infraestructura de transporte. Alcantarillas, canales de drenaje, cunetas y estructuras disipadoras de energía, entre otras, permiten el manejo eficiente de las aguas superficiales y subterráneas, previniendo procesos de erosión, socavación de la banca y deterioro prematuro de la vía (INVIAS, 2013). Sin embargo, su adecuada construcción depende

de un riguroso control técnico durante la etapa de ejecución, el cual no siempre se realiza con los criterios técnicos necesarios.

Pese a la existencia de manuales institucionales sobre supervisión e interventoría de obras civiles, la mayoría de estos documentos se enfocan de forma general en el control contractual, legal y financiero, sin detallar con profundidad las actividades específicas de seguimiento aplicables a estructuras hidráulicas en el contexto vial (DNP, 2023). Esto genera vacíos técnicos y variabilidad en los procedimientos constructivos utilizados por contratistas e interventores, especialmente en zonas rurales o de limitada capacidad institucional.

Adicionalmente, muchos de los daños viales que se presentan durante las temporadas de lluvias en Colombia están directamente relacionados con fallas en obras de drenaje o con la ausencia de estructuras hidráulicas adecuadas, lo cual incrementa los costos de mantenimiento y pone en riesgo la seguridad vial (Gómez, 2008; INVIAS, 2013). Esto evidencia la necesidad de fortalecer los procesos de seguimiento técnico desde el enfoque preventivo, garantizando que las obras cumplan con las condiciones hidráulicas, estructurales y de durabilidad requeridas.

En este sentido, el diseño de una guía técnica que organice y estandarice las actividades de control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales, resulta bastante importante. Esta herramienta no solo contribuiría a elevar la calidad técnica de las obras, sino que también facilitaría la labor de los profesionales encargados de la supervisión e interventoría a realizar un trabajo específico.

La realización del presente estudio se justifica por la necesidad de fortalecer los procesos de control de calidad y seguimiento técnico en la ejecución de estructuras hidráulicas en proyectos de infraestructura vial. La dispersión de la información normativa y técnica dificulta su aplicación sistemática durante las diferentes etapas del proyecto. Por ello, la elaboración de una guía técnica

que consolide y organice dichas actividades permitirá facilitar su implementación en campo, contribuyendo a mejorar la gestión de calidad, garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas y promover una mayor durabilidad y confiabilidad de las obr.

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar una guía técnica que oriente las actividades de control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales, con el fin de contribuir al mejoramiento de la calidad, funcionalidad y durabilidad de estas obras.

1.3.2 Objetivos específicos

Identificar las estructuras hidráulicas más comunes asociadas a proyectos viales, mediante una revisión bibliográfica especializada y el análisis de manuales técnicos como los del INVIAS, con el fin de delimitar el tipo de obras que serán objeto de control en la guía técnica.

Determinar las actividades claves de control y seguimiento aplicables a dichas estructuras hidráulicas, a partir de una síntesis de información documental para establecer las acciones que inciden directamente en la calidad de ejecución de la obra.

Proponer una guía técnica estructurada con criterios, responsables y momentos de verificación, con base en los hallazgos normativos y el análisis comparativo de manuales de interventoría, para fortalecer la labor de supervisión técnica en proyectos viales con componentes hidráulicos.

2. Marco referencial

El marco referencial constituye la base teórica, conceptual, legal y contextual que orienta la construcción de la guía técnica propuesta para el control y seguimiento de estructuras hidráulicas en proyectos viales. Este apartado integra los antecedentes investigativos y normativos relacionados con la gestión técnica de obras hidráulicas, la interventoría y la supervisión constructiva, permitiendo comprender la evolución de los procesos de control en infraestructura y su aplicación a las obras de drenaje vial.

El desarrollo de este marco se estructura en cuatro componentes: los antecedentes, que exponen el estado del conocimiento y los aportes previos en la materia; el marco conceptual, que define los términos fundamentales empleados en la investigación; el marco teórico, que sustenta técnicamente los principios del control constructivo e hidráulico; y el marco legal, que recopila la normativa nacional vigente en materia de diseño, construcción y supervisión de obras hidráulicas.

Diversos autores y entidades coinciden en que la calidad y durabilidad de las estructuras hidráulicas dependen de la aplicación sistemática de procesos de control técnico durante la construcción (Muñoz-Prieto, 2019; Agencia Nacional de Infraestructura [ANI], 2018; Gobernación de Boyacá, 2025). Sin embargo, las guías de interventoría existentes suelen enfocarse en aspectos administrativos o contractuales, dejando vacíos en el seguimiento técnico de elementos como drenajes, alcantarillas o estructuras de disipación (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio & COPNIA, 2020).

2.1. Antecedentes

La literatura técnica y normativa sobre el control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales revela una evolución constante orientada a

fortalecer la gestión de calidad, el aseguramiento técnico y la transparencia en la ejecución de obras públicas. Estos antecedentes, provenientes de diferentes países latinoamericanos, sustentan la necesidad de desarrollar guías técnicas actualizadas que integren los aspectos constructivos, ambientales, hidráulicos y administrativos de este tipo de proyectos.

En el contexto latinoamericano, Llamuca Benalcázar (2009) desarrolló en Ecuador el Manual de control en la construcción de estructuras hidráulico-viales que permita mejorar el proceso de fiscalización en zonas frágiles de la provincia de Tungurahua. Este trabajo planteó que la falta de control técnico durante la ejecución de obras hidráulicas genera deterioros prematuros y fallas estructurales, proponiendo un sistema de fiscalización basado en procedimientos estandarizados, ensayos de materiales conforme a normas ASTM y AASHTO, y una definición clara de las responsabilidades del fiscalizador. Este estudio constituye un antecedente directo para la presente investigación, al abordar el control constructivo desde una perspectiva técnica aplicada a obras de drenaje y alcantarillado vial.

En Colombia, el Manual de Supervisión e Interventoría de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB-ESP, 2020) establece lineamientos para el seguimiento y control de los contratos de obra civil e interventoría, conforme a la normativa nacional (Leyes 80 de 1993, 1150 de 2007 y 1474 de 2011). Este manual enfatiza la responsabilidad de los supervisores e interventores en la vigilancia técnica, administrativa, ambiental y financiera de los contratos, así como en la documentación de actas, informes y controles de calidad. Además, adopta los principios de la gestión de proyectos del Project Management Institute (PMI), considerando el control como un proceso de comparación del desempeño real con el planificado, con base en acciones correctivas (EAAB-ESP, 2020). Este enfoque introduce un marco metodológico moderno que combina la ingeniería con la gestión basada en resultados.

A nivel nacional, las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías – INVÍAS (2022) y el manual de drenajes para carreteras de INVÍAS representan la base técnica normativa para la ejecución de obras viales, incluyendo estructuras y obras de drenaje. El Capítulo 6: Estructuras y Drenajes establece las directrices para la excavación, cimentación, rellenos, drenajes, filtros y pilotes, así como los controles de calidad requeridos para el recibo de los trabajos. Dichas especificaciones destacan la función del interventor como garante de la calidad técnica, el cumplimiento de tolerancias, la validación de materiales y la aprobación de los procedimientos constructivos (INVÍAS, 2022). Este documento aporta un marco técnico indispensable para definir los criterios de control en campo dentro de la guía propuesta.

En el ámbito internacional, el Manual de Supervisión de Obras Horizontales del Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP, 2018) resalta la importancia del control preventivo y la supervisión continua para garantizar la durabilidad de las estructuras hidráulicas. Este manual plantea que el supervisor debe integrar las funciones de control de calidad, seguimiento ambiental y coordinación técnica, aplicando listas de verificación y metodologías basadas en la trazabilidad de procesos. Asimismo, introduce la figura del “inspector residente” como responsable de la evaluación diaria del cumplimiento de las especificaciones y la seguridad en obra, aspecto que puede ser adaptado al contexto colombiano para fortalecer el seguimiento técnico.

Por su parte, el Manual de Obras Hidráulicas de Giovene Pérez y Campomanes (2005), elaborado en Perú, constituye una referencia fundamental sobre las fases constructivas, procedimientos de control y mantenimiento de estructuras hidráulicas como alcantarillas, canales, diques y estructuras de disipación de energía. Este documento aborda la supervisión desde una perspectiva ingenieril, centrada en la verificación de los procesos constructivos, la calidad de los materiales y la funcionalidad hidráulica, destacando la necesidad de un control integrado entre

diseño y ejecución (Giovene Pérez & Campomanes, 2005). Su aplicación al ámbito vial colombiano es pertinente, dado el paralelismo en las condiciones geotécnicas y climáticas de ambos países.

En conjunto, estos antecedentes demuestran la evolución conceptual y normativa del control técnico de las obras hidráulicas viales, desde los enfoques tradicionales de fiscalización hasta los modelos modernos de gestión integral de calidad. Sin embargo, persiste la necesidad de establecer una guía técnica unificada que permita al interventor o supervisor colombiano ejercer un control efectivo sobre las fases constructivas, la documentación técnica y los criterios de aceptación de las estructuras hidráulicas en el contexto de los proyectos viales.

2.2. Marco teórico

El control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales constituye una práctica interdisciplinaria que integra los principios de la ingeniería civil, la gestión de calidad, la supervisión técnica y la administración de proyectos públicos. Su propósito fundamental es garantizar que las obras cumplan las especificaciones técnicas, los criterios hidráulicos y estructurales de diseño, y los estándares de sostenibilidad ambiental y contractual definidos por la normativa vigente.

2.2.1. Control técnico en obras hidráulicas viales

El control técnico es el conjunto de procedimientos destinados a verificar que los procesos constructivos se desarrollen conforme a los planos, especificaciones, normas y cronogramas aprobados. En el ámbito vial, las estructuras hidráulicas —como alcantarillas, cunetas, obras de drenaje, subdrenes, gaviones, box culverts y muros de contención— cumplen una función esencial en la estabilidad y durabilidad de la vía, ya que permiten la correcta evacuación del agua superficial

y subterránea, reduciendo los riesgos de socavación, erosión o pérdida de capacidad estructural (INVÍAS, 2022).

El Capítulo 6 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras (INVÍAS, 2022) establece que todo proceso de excavación, relleno, cimentación y colocación de obras hidráulicas debe ser supervisado mediante planes de calidad, inspección y ensayos obligatorios. Dichos controles comprenden la verificación del equipo, la conformidad de materiales (arena, grava, filtros, geotextiles, concreto y acero), el cumplimiento de densidades de compactación y las tolerancias dimensionales permitidas. El interventor, como responsable técnico, debe garantizar que las mediciones, compactaciones y acabados se ajusten a las normas INV E y ASTM aplicables.

De igual manera, el Manual de Obras Hidráulicas de Giovene Pérez y Campomanes (2005) resalta que el control hidráulico debe extenderse a los aspectos funcionales, como la capacidad de conducción, la pérdida de energía y la protección de las estructuras frente a fenómenos de socavación y sedimentación. Este enfoque integral implica que la inspección no solo verifique la calidad constructiva, sino también la eficiencia hidráulica de la obra en condiciones de operación.

2.2.2. Supervisión, interventoría y fiscalización

La supervisión y la interventoría son los mecanismos mediante los cuales se garantiza la correcta ejecución técnica, administrativa y financiera de las obras públicas. En Colombia, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB-ESP, 2020) define la supervisión como la labor de verificación del cumplimiento de los contratos y la interventoría como la evaluación técnica y documental del avance y la calidad. Este enfoque concibe el control no solo como una verificación de obra, sino como un proceso continuo de gestión del riesgo y aseguramiento de la calidad.

En coherencia con la Ley 80 de 1993 y la Ley 1150 de 2007, la interventoría técnica y administrativa debe garantizar que las obras cumplan los principios de planeación, economía y responsabilidad. Esto implica que el supervisor actúe como garante de la correcta utilización de los recursos, la aplicación de los planos aprobados y la documentación de campo en la bitácora de obra, tal como lo establece la EAAB (2020).

A nivel internacional, el Manual de Supervisión de Obras Horizontales del Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP, 2018) aporta una visión complementaria al señalar que la supervisión debe basarse en la planificación técnica de visitas, la observación de procesos críticos y el uso de instrumentos de campo como formatos de inspección, registros fotográficos y formularios de avance físico. Este manual destaca que la supervisión es una herramienta de acompañamiento y orientación técnica, no solo de control, alineándose con el principio de mejora continua de la gestión pública.

2.2.3. Gestión de la calidad y seguimiento en la construcción

El aseguramiento de la calidad en las obras hidráulicas está vinculado directamente con los procesos de seguimiento y control documentado. Según el Manual de Supervisión e Interventoría de la EAAB (2020), la gestión de calidad se desarrolla bajo el ciclo Planificar–Hacer–Verificar–Actuar (PHVA), en donde cada etapa del proyecto debe contar con evidencias verificables (ensayos, informes, actas e indicadores).

De manera complementaria, el INVÍAS (2022) establece que el constructor debe contar con un Plan de Inspección, Medición y Ensayo (PIME), el cual es de cumplimiento obligatorio y debe incluir el control de compactación, resistencia de materiales, densidad de rellenos y

alineamientos. Este plan debe ser auditado y aprobado por la interventoría antes de iniciar cualquier proceso constructivo.

Asimismo, el RAS (Resolución 0330 de 2017) amplía los criterios de calidad en el contexto del agua y saneamiento básico, definiendo que las estructuras hidráulicas deben diseñarse y construirse considerando aspectos de capacidad hidráulica, durabilidad de materiales, mantenimiento y prevención de contaminación. En su Título D, el RAS establece que las obras hidráulicas deben contar con control técnico y de laboratorio, incluyendo ensayos de permeabilidad, resistencia y estabilidad estructural (Ministerio de Vivienda, 2017). Estos principios son plenamente aplicables a las obras de drenaje vial, en tanto garantizan el funcionamiento hidráulico y la seguridad estructural de las mismas.

La gestión de calidad en proyectos de infraestructura se sustenta también en los lineamientos del PMBOK Guide (PMI, 2021), que concibe el control como un proceso sistemático de seguimiento, comparación y acción correctiva frente al desempeño real. Su enfoque resulta pertinente en la fiscalización de estructuras hidráulicas, al permitir integrar indicadores de desempeño (SPI, CPI, calidad, tiempo y costo) dentro del ciclo constructivo.

2.2.4. Criterios hidráulicos y estructurales de diseño

El comportamiento hidráulico de las estructuras asociadas a vías —como cunetas, canales, box culverts, sumideros y subdrenes— depende de su capacidad para evacuar los caudales de diseño sin generar erosión o saturación del suelo circundante. Según el RAS (2017) y el Manual de Obras Hidráulicas de Giovene Pérez y Campomanes (2005), los criterios de diseño deben considerar la hidrología de la cuenca, el tipo de flujo, la resistencia de los materiales, la protección contra socavación y la estabilidad de los taludes adyacentes.

De igual forma, el Capítulo 6 del INVÍAS (2022) incluye especificaciones para la ejecución de excavaciones, rellenos estructurales y drenajes con control de compactación y selección granulométrica de materiales (suelo, recebo, SBG, BG, filtros y gravillas), de acuerdo con las normas INV E-142 y E-143. Dichas normas garantizan la estabilidad y el comportamiento estructural de las obras ante cargas dinámicas y saturación del terreno.

Por otra parte, la EAAB (2020) y el MOP (2018) coinciden en que los diseños hidráulicos deben ser complementados con procedimientos de mantenimiento, inspección post-obra y monitoreo de condiciones de operación, para asegurar la vida útil del sistema y prevenir fallas por obstrucción o erosión.

2.2.5. Enfoque integral de control técnico

Los distintos antecedentes revisados coinciden en que el control técnico debe concebirse como un sistema integral que articule las dimensiones técnica, administrativa, ambiental y social del proyecto. Así lo plantea Llamuca Benalcázar (2009) al proponer un modelo de control para zonas frágiles, donde la supervisión involucra al fiscalizador, la comunidad y el constructor, garantizando la transparencia y la sostenibilidad de la obra.

En la práctica colombiana, este enfoque integral se traduce en la implementación de sistemas de gestión de calidad basados en la ISO 9001:2015, los cuales incluyen procedimientos documentados de control de procesos, identificación de no conformidades, acciones correctivas y mejora continua (EAAB, 2020; INVÍAS, 2022). Estos sistemas permiten asegurar la trazabilidad de la información y el cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos en los contratos de obra.

La articulación entre los marcos normativos (Ley 80, Ley 1150, RAS 2017, INVÍAS 2022), los manuales técnicos (EAAB, MOP, Giovene Pérez) y las metodologías de gestión de proyectos (PMI, ISO 9001) constituye el fundamento teórico de la presente investigación, orientada a diseñar una guía técnica de control y seguimiento que unifique los criterios constructivos, de supervisión y de aseguramiento de calidad aplicables a estructuras hidráulicas en proyectos viales.

2.2 Marco conceptual

El marco conceptual establece los principales términos técnicos y administrativos que sustentan el diseño de la guía técnica propuesta, con base en los documentos normativos y técnicos analizados (INVÍAS, 2022; EAAB, 2020; RAS, 2017; MOP, 2018).

- Estructura hidráulica

Elemento de ingeniería destinado a conducir, almacenar, controlar o evacuar el agua dentro o fuera de una vía, garantizando la estabilidad y funcionalidad del sistema vial. Incluye obras como alcantarillas, cunetas, canales, subdrenes, box culverts, muros de contención y obras de disipación (INVÍAS, 2022).

- Control técnico

Conjunto de actividades sistemáticas destinadas a verificar que los procesos constructivos cumplan con las especificaciones de diseño, las normas técnicas aplicables y los parámetros de calidad establecidos en el contrato (EAAB, 2020).

- Seguimiento

Proceso de observación, registro y comparación continua entre el avance real y el planificado en una obra, con el fin de identificar desviaciones y aplicar acciones correctivas oportunas (PMI, 2021).

- Supervisión

Actividad realizada por un profesional designado por la entidad contratante para vigilar la correcta ejecución técnica, administrativa y financiera del contrato, verificando el cumplimiento de los objetivos y la normativa aplicable (EAAB, 2020).

- Interventoría

Servicio especializado de control técnico y administrativo ejercido por una persona natural o jurídica, orientado a garantizar la calidad, oportunidad y legalidad de las obras o servicios contratados (Ley 80 de 1993; EAAB, 2020).

- Gestión de calidad

Sistema de acciones planificadas que permiten asegurar que una obra cumpla los requisitos técnicos y contractuales, aplicando los principios de la norma ISO 9001:2015 y del ciclo PHVA (EAAB, 2020).

- RAS (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico)

Norma técnica colombiana que establece los requisitos de diseño, construcción y operación de sistemas hidráulicos, orientada a garantizar la funcionalidad, seguridad y sostenibilidad de las obras (Ministerio de Vivienda, 2017).

- INVÍAS

Instituto Nacional de Vías encargado de definir los lineamientos técnicos, especificaciones y procedimientos constructivos para las obras viales del país, incluyendo el control de calidad de las estructuras hidráulicas (INVÍAS, 2022).

2.4. Marco legal

El marco legal que rige el control y seguimiento de estructuras hidráulicas en proyectos viales en Colombia se estructura en cuatro ejes: (i) contratación estatal y control contractual; (ii) normativa técnica sectorial; (iii) medio ambiente, agua y gestión del riesgo; y (iv) seguridad vial, seguridad y salud en el trabajo y gestión documental. Estos ejes proporcionan los fundamentos para el diseño de una guía técnica alineada con la ley, las especificaciones de construcción y las buenas prácticas de supervisión e interventoría.

2.4.1. Contratación estatal y control contractual

La ejecución de obras públicas se rige por el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública (Ley 80 de 1993), complementado por la Ley 1150 de 2007 (medidas para la eficiencia y la transparencia) y por la Ley 1474 de 2011 (Estatuto Anticorrupción), que refuerza los mecanismos de control, seguimiento y sanción frente a irregularidades contractuales. El Decreto 1082 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Planeación) compila las reglas de planeación, selección y ejecución, precisando la figura de supervisión e interventoría como garantes del cumplimiento técnico, administrativo, financiero y ambiental del contrato.

En coherencia, el Manual de Supervisión e Interventoría de la EAAB (2020) desarrolla procedimientos y responsabilidades del supervisor/interventor, enfatizando la trazabilidad documental (actas, PIGC, PIME, informes) y el enfoque de gestión de calidad (PHVA), elementos que esta monografía retoma para el diseño de la guía.

2.4.2. Normativa técnica sectorial (vial e hidráulica)

En materia vial, las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVÍAS (2022) constituyen el estándar técnico de obligatorio cumplimiento para procesos, materiales, ensayos y criterios de aceptación. El Capítulo 6 regula estructuras y obras de drenaje (excavaciones, rellenos, filtros, geotextiles, concretos, aceros, compactación y tolerancias), e integra el Plan de Inspección, Medición y Ensayo (PIME) como instrumento de control de calidad en campo.

En el sector de agua y saneamiento, el Reglamento Técnico – RAS (Resolución 0330 de 2017) establece criterios de diseño, construcción, operación y mantenimiento de obras hidráulicas, con énfasis en capacidad hidráulica, durabilidad, estabilidad y control de materiales y procesos (ensayos de laboratorio, control de filtraciones, protección contra socavación). Aunque el RAS se orienta a sistemas de acueducto y saneamiento, sus principios técnicos son plenamente aplicables a las estructuras de drenaje vial (cunetas, alcantarillas, subdrenes y descargues), por su naturaleza hidráulica y sus requerimientos de funcionalidad y seguridad.

Como soportes técnicos complementarios, el Manual de Obras Hidráulicas (Giovene Pérez & Campomanes, 2005) y el Manual de Supervisión de Obras Horizontales del MOP Chile (2018) aportan estándares y listas de verificación de supervisión que, si bien pertenecen a otros ordenamientos, resultan útiles como referente comparado para robustecer los procedimientos de control, inspección y recepción de unidades de obra.

2.4.3. Medio ambiente, agua y gestión del riesgo

Las obras viales con componentes hidráulicos están sujetas al régimen ambiental derivado de la Ley 99 de 1993 (creación del SINA) y del Decreto 1076 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente). En función del alcance del proyecto, pueden requerirse

licencia ambiental o instrumentos de manejo ambiental (PMA, PAGA) y, específicamente para la interacción con cuerpos de agua, permiso de ocupación de cauce, concesión de aguas y permiso de vertimientos (comúnmente reglamentados en el D. 1076/2015 y en resoluciones técnicas como la Resolución 0631 de 2015 para vertimientos puntuales).

La Ley 1523 de 2012 (Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres) obliga a incorporar análisis de amenaza y vulnerabilidad, fundamentales para el control técnico de obras hidráulicas (p. ej., estabilidad de taludes, socavación, tránsito de crecientes y obras de protección). Cuando las obras incluyan estructuras de contención, se consideran además los lineamientos del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) en lo que resulte aplicable a muros y cimentaciones.

2.4.4. Seguridad vial, seguridad y salud en el trabajo y gestión documental

Durante la construcción y operación, las intervenciones en vía pública deben cumplir el Manual de Señalización Vial (p. ej., Resolución 1885 de 2015 y disposiciones complementarias), que fija la señalización temporal de obra y medidas de seguridad para usuarios y trabajadores.

En Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), el Decreto 1072 de 2015 (Decreto Único del sector Trabajo) y la Resolución 0312 de 2019 (estándares mínimos del SG-SST) exigen planear y documentar controles de riesgo (excavación, trabajo en caliente, izaje, confinados, tránsito interno de obra), coherentes con el PIME y los procedimientos de campo.

Finalmente, la Ley 594 de 2000 (Ley General de Archivos) y la Ley 1712 de 2014 (Transparencia y Acceso a la Información) obligan a mantener una gestión documental íntegra y accesible (bitácoras, memorias de cálculo, actas, ensayos), condición indispensable para la trazabilidad del control y seguimiento que propone esta guía.

3. Metodología

3.1. Diseño de la investigación

El presente estudio se enmarca dentro de un diseño no experimental de tipo transversal, puesto que no se manipulan variables, sino que se observa y analiza la realidad existente en torno al control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales. Según Hernández Sampieri, Fernández-Collado y Baptista (2014), los estudios no experimentales “se realizan sin alterar las condiciones naturales de los fenómenos, observando las situaciones tal como ocurren en su contexto”.

El carácter transversal del estudio se fundamenta en que la recopilación y el análisis de la información se realizarán en un solo momento temporal, sin prolongarse en el tiempo. De esta forma, se busca identificar y describir los procedimientos, normas y buenas prácticas vigentes aplicables al control técnico de estructuras hidráulicas, con el fin de diseñar una guía técnica que integre los elementos más relevantes para la labor de supervisión e interventoría.

El enfoque metodológico propuesto permite analizar fuentes documentales, normativas y técnicas (como manuales de supervisión, especificaciones INVÍAS y el Reglamento Técnico RAS), con el objetivo de extraer información que oriente la estructuración de una herramienta práctica para profesionales del área. No se intervendrá directamente en proyectos constructivos, sino que el estudio se desarrollará bajo un esquema descriptivo y analítico documental, sustentado en la revisión, comparación y sistematización de la información obtenida.

Este diseño de investigación es coherente con los propósitos del trabajo, ya que busca generar un producto técnico (la guía) mediante el análisis de evidencia existente, sin requerir

experimentación ni medición longitudinal de variables. El estudio se apoya en una base metodológica cualitativa orientada a la comprensión y estructuración de conocimiento aplicable al ámbito de la ingeniería civil y la supervisión de obras viales.

3.2. Enfoque de la investigación

El presente trabajo se desarrollará bajo un enfoque cualitativo de tipo descriptivo y documental, debido a que busca comprender, analizar y sistematizar la información existente relacionada con el control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales. Según Hernández-Sampieri, Fernández-Collado y Baptista (2014), el enfoque cualitativo se centra en “la comprensión de los fenómenos desde la perspectiva de los participantes y del contexto en que se desarrollan”, permitiendo una interpretación profunda de la información más que su medición numérica.

Este enfoque resulta pertinente, dado que la investigación no pretende cuantificar variables ni aplicar pruebas estadísticas, sino identificar, interpretar y organizar conceptos, normas y prácticas técnicas que contribuyan a la elaboración de una guía técnica aplicable al ejercicio de la interventoría y supervisión de obras con componentes hidráulicos. La información analizada proviene principalmente de fuentes secundarias, como manuales técnicos, especificaciones institucionales (INVÍAS, EAAB, MOP Chile, RAS), leyes, decretos, artículos y tesis académicas.

El enfoque cualitativo posibilita, además, un proceso de análisis inductivo, en el cual las categorías de estudio —estructuras hidráulicas, fases constructivas, actividades de control y criterios de seguimiento— emergen del examen detallado de los documentos y no de hipótesis preestablecidas. Esto permite que la guía técnica resultante se base en la realidad normativa y técnica vigente, con validez práctica y aplicabilidad directa en la gestión de proyectos viales.

De igual modo, el carácter descriptivo-documental del estudio implica una revisión sistemática de información técnica para caracterizar las prácticas actuales de control constructivo, identificar vacíos o inconsistencias, y establecer relaciones entre las distintas fuentes. Este tipo de enfoque, según Sampieri et al. (2014), es ideal para investigaciones que buscan generar productos técnicos o metodológicos a partir del análisis comparativo de la literatura y la normativa.

En síntesis, el enfoque cualitativo permitirá desarrollar una comprensión estructurada y analítica de las prácticas de supervisión y control técnico de estructuras hidráulicas, aportando las bases conceptuales necesarias para el diseño de una guía que fortalezca la calidad y el seguimiento en proyectos de infraestructura vial.

3.3. Población y muestra

En el contexto de esta investigación, la población no se refiere a individuos sino al conjunto de documentos, normas, manuales técnicos y guías institucionales relacionados con el control, seguimiento y supervisión de estructuras hidráulicas aplicadas a proyectos viales. Esta población representa el universo de información disponible sobre los procesos de aseguramiento de la calidad y fiscalización técnica en obras civiles, tanto en el ámbito nacional como internacional.

De acuerdo con Hernández-Sampieri, Fernández-Collado y Baptista (2014), en los estudios de tipo documental la población se define como “el conjunto de materiales, textos, registros o fuentes que contienen información relevante para los objetivos del estudio”. En ese sentido, la población de esta investigación está conformada por los documentos normativos y técnicos vigentes o referenciales sobre la construcción y control de obras hidráulicas viales.

La muestra, por su parte, corresponde al subconjunto intencionado y representativo de fuentes seleccionadas para el análisis, elegidas mediante un muestreo no probabilístico por

criterios de relevancia y pertinencia temática. Se priorizaron documentos que cumplieran con al menos una de las siguientes condiciones:

- Establecer lineamientos técnicos o normativos para el diseño, construcción o control de obras hidráulicas.
- Abordar la supervisión, interventoría o fiscalización en proyectos de infraestructura vial.
- Aportar metodologías, formatos o procedimientos de control aplicables en campo.

A continuación, se presenta la muestra documental seleccionada para el desarrollo del estudio:

Tabla 1. Muestra documental para la obtención y recopilación de información con relación a la construcción de estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales con el fin de diseñar una guía técnica para el control y seguimiento.

Entidad o Autor	Documento o Norma	Año	Tipo de Fuente	Pertinencia en la investigación
Instituto Nacional de Vías – INVÍAS	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – Capítulo 6: Estructuras y Drenajes	2022	Normativa técnica nacional	Define criterios de control y aceptación en estructuras hidráulicas viales.
Instituto Nacional de Vías – INVÍAS	Manual de drenaje para carreteras, 2009	2009	Normativa técnica nacional	Provee guías para el planeamiento y el diseño de los dispositivos hidráulicos relacionados con la infraestructura de transporte terrestre
Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB-ESP)	Manual de Supervisión e Interventoría	2020	Manual institucional	Describe procesos de seguimiento técnico y control de calidad.
Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Resolución 0330 de 2017 – Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS)	2017	Normativa técnica nacional	Establece parámetros de diseño y construcción de obras hidráulicas.
Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP)	Manual de Supervisión de Obras Horizontales	2018	Referente técnico internacional	Proporciona criterios de supervisión y control aplicables a obras de drenaje.
Giovene Pérez, C. & Campomanes, J.	Manual de Obras Hidráulicas	2005	Manual técnico internacional	Describe procesos constructivos y de control en obras hidráulicas.
Llamuca Benalcázar, D.	Manual de control en la construcción de estructuras hidráulico-viales	2009	Tesis técnica universitaria (Ecuador)	Aporta antecedentes directos sobre fiscalización y control de calidad.

Departamento Nacional de Planeación (DNP)	Manual de Supervisión e Interventoría	2023	Manual institucional	Define roles y responsabilidades del interventor y supervisor.
Gobernación de Boyacá	Manual de Interventoría y Supervisión Versión 2	2025	Manual institucional regional	Integra buenas prácticas de seguimiento técnico en obras públicas.
AASHTO	Drainage Manual	2014	Manual internacional de carreteras	Sirve como referencia comparativa en diseño hidráulico de obras viales.

Esta muestra constituye el núcleo de análisis documental, a partir del cual se realizó la comparación de enfoques, la identificación de vacíos técnicos y la extracción de buenas prácticas para el diseño de la guía técnica propuesta.

La delimitación de esta muestra permitió garantizar la representatividad de los principales enfoques técnicos y normativos utilizados en Colombia y en Latinoamérica, asegurando así la validez teórica y práctica de los resultados de la investigación.

3.4. Técnicas y procedimientos de recolección de información

El proceso metodológico de esta investigación se desarrolló a partir de la aplicación de la técnica de observación documental, la cual, según Hernández-Sampieri, Fernández-Collado y Baptista (2014), consiste en la revisión sistemática y analítica de materiales escritos, técnicos o normativos que contienen información relevante para los objetivos del estudio. Esta técnica permitió identificar, clasificar y comparar los diferentes enfoques técnicos y administrativos sobre el control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales.

Para la aplicación de esta técnica se estableció una secuencia estructurada en cuatro fases metodológicas, orientadas a garantizar la coherencia entre los objetivos del estudio y el proceso de análisis documental. Cada fase representó un momento específico dentro de la recolección, sistematización y procesamiento de la información.

3.4.1. Fase 1. Revisión normativa y técnica

En esta etapa se efectuó una búsqueda y recopilación exhaustiva de información documental relacionada con el tema central de la investigación. Se consultaron fuentes normativas, técnicas e institucionales nacionales e internacionales, tales como manuales de supervisión e interventoría, guías de drenaje, especificaciones de construcción y reglamentos técnicos (INVÍAS, EAAB, RAS, MOP, AASHTO, entre otros).

El propósito de esta fase fue identificar los lineamientos técnicos, normativos y administrativos que regulan el control constructivo de obras hidráulicas viales y determinar su grado de aplicabilidad en el contexto colombiano. Se revisó la siguiente información:

- Departamento Nacional de Planeación – Manual de Supervisión e Interventoría (2023)
- Gobernación de Boyacá – Manual de Interventoría y/o Supervisión Versión 2 (2025)
- Análisis del procedimiento aplicado por la dirección de obras del CONAVI para la supervisión de los procesos de control y verificación de calidad en proyectos viales – CONAVI- 2007
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB-ESP. (s.f). Manual de supervisión e interventoría de obras.
- Manual de control en la construcción de estructura hidráulicas-viales que permita mejorar el proceso de fiscalización en zonas frágiles de la provincia de Tungurahua - Darío Sebastián Llamuca Benalcázar (2009)
- Manual de Obras Hidráulicas – Ing. Giovene Pérez Campomanes
- Manual de Interventoría IBAL (Ibagué)
- Guía de drenaje para carreteras – INVÍAS (2013)
- Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVÍAS

- Manual de Carreteras – AASHTO Drainage Manual

3.4.2. Fase 2. Análisis de manuales y guías técnicas

Una vez recopilada la información, se desarrolló un análisis comparativo de los documentos seleccionados. Para ello, se elaboró una matriz de categorización documental, en la que se organizaron los textos de acuerdo con criterios previamente definidos: tipo de documento, entidad emisora, estructuras hidráulicas tratadas, fases constructivas, actividades de control, responsables y nivel de aplicabilidad vial.

Tabla 2. *Matriz de categorización documental*

Categoría	Descripción
Tipo de documento	Normativo, técnico, operativo, institucional
Entidad emisora	Nacional, regional, empresa pública, internacional
Estructuras hidráulicas tratadas	Alcantarillas, cunetas, box culverts, canales, etc.
Fases constructivas abordadas	Excavación, cimentación, instalación, relleno, pruebas
Actividades de control sugeridas	Inspecciones, ensayos, validaciones, registros
Responsables del control	Supervisor, interventor, residente, contratista
Instrumentos o formatos	Listas de chequeo, informes, fichas técnicas
Nivel de aplicabilidad vial	Alta, media o baja aplicabilidad a proyectos viales

Esta fase permitió contrastar enfoques, identificar vacíos normativos y resaltar buenas prácticas aplicables al control y seguimiento de estructuras hidráulicas en proyectos viales.

3.4.3. Fase 3. Identificación de actividades clave

A partir del análisis comparativo, se procedió a identificar las actividades críticas de control y seguimiento que inciden directamente en la calidad constructiva de las estructuras hidráulicas. Para ello, se aplicó el método de la ruta crítica (Critical Path Method – CPM), que permitió determinar las tareas esenciales dentro de cada fase constructiva, sus interdependencias y los momentos de verificación requeridos.

El resultado de esta fase fue la elaboración de una tabla síntesis de actividades, donde se priorizaron las acciones más relevantes y los criterios de aceptación necesarios para garantizar la calidad técnica en obra.

3.4.4. Fase 4. Diseño de la propuesta metodológica

Con base en los hallazgos anteriores, se estructuró la guía técnica para el control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas viales, organizada por fases constructivas, roles responsables, criterios de verificación y actividades de control.

Esta fase consolidó los resultados del análisis documental en un instrumento técnico aplicable a la práctica profesional de interventores, supervisores y residentes de obra, cumpliendo así con el objetivo general del estudio.

3.5. Instrumentos de recolección de datos

En coherencia con el enfoque cualitativo y documental del presente estudio, se utilizaron instrumentos diseñados para sistematizar, clasificar y analizar información técnica y normativa proveniente de fuentes secundarias. Estos instrumentos permitieron organizar la información obtenida en las fases metodológicas descritas y garantizar la trazabilidad de los datos consultados.

Según Hernández-Sampieri, Fernández-Collado y Baptista (2014), los instrumentos en investigaciones documentales son las herramientas que permiten registrar, organizar y codificar información relevante para responder a los objetivos del estudio, asegurando su validez y consistencia. En este sentido, los instrumentos empleados en la investigación fueron los siguientes:

- a) Matriz de análisis documental

Fue el instrumento principal del proceso de recolección y sistematización. Se elaboró en Microsoft Excel, permitiendo organizar de manera estructurada los documentos revisados según categorías analíticas definidas.

Las variables incluidas en la matriz fueron:

- Tipo de documento (normativo, técnico, institucional, académico).
- Entidad emisora o autor.
- Año de publicación y ámbito de aplicación.
- Estructuras hidráulicas tratadas.
- Fases constructivas analizadas.
- Actividades de control y seguimiento sugeridas.
- Responsables del control técnico.
- Instrumentos o formatos utilizados.
- Nivel de aplicabilidad a proyectos viales.

Esta herramienta facilitó el análisis comparativo entre normas, manuales y guías, permitiendo identificar coincidencias, vacíos, fortalezas y buenas prácticas en materia de control técnico e interventoría de estructuras hidráulicas.

b) Tabla síntesis de actividades de control

Derivada de la matriz documental y del análisis comparativo, esta tabla consolidó las actividades clave de control y seguimiento identificadas en los distintos manuales técnicos (INVÍAS, EAAB, RAS, MOP, Giovene Pérez, DNP, etc.).

Cada actividad se registró con su fase constructiva correspondiente, el responsable técnico (supervisor, interventor, contratista o residente) y los criterios de aceptación definidos.

Este instrumento fue fundamental para la estructuración de la guía técnica propuesta, ya que permitió organizar los resultados de manera operativa y orientada al campo.

c) Software y herramientas de apoyo

Se emplearon herramientas informáticas para el manejo de información, entre ellas:

- Microsoft Excel, para la elaboración de matrices y tablas de análisis comparativo.
- Microsoft Word, para la redacción y consolidación de resultados.

Estas herramientas contribuyeron a mejorar la precisión, trazabilidad y organización del proceso de recolección y análisis de datos, permitiendo integrar fuentes diversas bajo criterios uniformes de registro.

En conjunto, los instrumentos utilizados aseguraron la validez documental, la consistencia analítica y la coherencia metodológica del estudio, garantizando que el diseño de la guía técnica se fundamentara en un análisis sistemático, verificable y replicable.

3.6. Técnicas de análisis de la información

El proceso de análisis de la información recolectada se desarrolló aplicando técnicas cualitativas de análisis de contenido y análisis comparativo, orientadas a interpretar los datos documentales y transformarlos en conocimiento útil para el diseño de la guía técnica.

Estas técnicas, según Hernández-Sampieri, Fernández-Collado y Baptista (2014), permiten examinar textos y documentos con el fin de identificar patrones, categorías y relaciones significativas, convirtiendo la información en evidencia estructurada y explicativa.

a) Análisis de contenido

El análisis de contenido se aplicó como herramienta principal para examinar en profundidad la información normativa, técnica y conceptual obtenida de los documentos seleccionados (INVÍAS, RAS, EAAB, MOP Chile, Giovene Pérez, DNP, entre otros).

Este procedimiento consistió en una lectura detallada y crítica de los textos con el fin de extraer las unidades de significado relacionadas con las categorías de estudio definidas previamente en la matriz de análisis documental:

- Fases constructivas de las estructuras hidráulicas.
- Actividades de control y seguimiento.
- Responsables técnicos (interventor, supervisor, residente, contratista).
- Criterios de aceptación y verificaciones de calidad.
- Normatividad aplicable y procedimientos técnicos.

Durante este proceso se codificaron los hallazgos más relevantes, clasificándolos de acuerdo con su relación con los objetivos específicos de la investigación. Esta técnica permitió identificar coincidencias, divergencias, vacíos y buenas prácticas, lo que sirvió de base para estructurar los lineamientos de la guía técnica.

b) Análisis comparativo

Posteriormente, se implementó un análisis comparativo transversal entre las fuentes, con el objetivo de contrastar los enfoques, metodologías y alcances de los distintos manuales y normas técnicas.

A partir de este contraste, se establecieron las equivalencias y diferencias entre los procedimientos de control propuestos por cada entidad (por ejemplo, INVÍAS frente a EAAB o MOP Chile), así como la identificación de buenas prácticas replicables en el contexto colombiano.

El análisis comparativo permitió, además, establecer una jerarquización de los documentos según su nivel de aplicabilidad práctica, contribuyendo a definir los criterios técnicos y administrativos esenciales que debía contener la guía.

Como resultado, se obtuvo una tabla de síntesis final que integró las principales actividades de control y seguimiento clasificadas por fase constructiva, actor responsable y criterio de verificación.

c) Validación de resultados

Con el fin de garantizar la confiabilidad del análisis, los resultados obtenidos se contrastaron con la normativa vigente y con la experiencia práctica reportada en los manuales técnicos de referencia (INVÍAS, 2022; EAAB, 2020; MOP, 2018).

Esta triangulación documental permitió validar la coherencia interna del contenido de la guía propuesta, asegurando que las actividades y criterios de control identificados estuvieran respaldados por normas o prácticas institucionales reconocidas.

De esta manera, las técnicas de análisis aplicadas posibilitaron transformar información dispersa en conocimiento estructurado, generando una base metodológica sólida y verificable para el diseño de la guía técnica de control y seguimiento.

4. Resultados

4.1. Síntesis del proceso de análisis documental

El proceso de recolección y análisis documental permitió consolidar la información técnica necesaria para identificar, clasificar y evaluar las actividades de control y seguimiento aplicables a la construcción de estructuras hidráulicas en proyectos viales. Esta fase incluyó la revisión

detallada de manuales, normas técnicas y especificaciones como las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS (2013), el Manual de Diseño y Construcción de Obras Hidráulicas de la EAAB (2015), la normativa FHWA HEC-22 (2013), la AASHTO Drainage Manual (2014) y lineamientos del RAS – Título B (2017).

A partir de la matriz consolidada de información, se identificaron las actividades de control más recurrentes, así como sus criterios de aceptación, requisitos previos, parámetros hidráulicos mínimos, ensayos aplicables y observaciones relevantes para el proceso constructivo. La información fue analizada bajo el enfoque metodológico planteado en el capítulo anterior, lo que permitió agrupar y jerarquizar las actividades en tres grandes categorías: control administrativo, control en obra y actividades de conservación y mantenimiento.

4.2. Estructuración de la matriz de actividades de control y seguimiento

La matriz se consolidó como el instrumento metodológico central para organizar, depurar y jerarquizar toda la información recopilada durante la revisión documental. Su desarrollo permitió transformar información dispersa en un insumo estructurado que evidencia, de manera clara, las actividades mínimas que deben verificarse durante la construcción de estructuras hidráulicas en proyectos viales. Este proceso se realizó en cuatro etapas metodológicas: (i) clasificación inicial de elementos hidráulicos, (ii) normalización de criterios técnicos, (iii) asignación de actividades de control específicas, y (iv) validación normativa cruzada.

4.2.1. Clasificación inicial de elementos hidráulicos

El primer paso consistió en agrupar los elementos hidráulicos presentes en los proyectos viales. Con base en normas como INVIAS (2013), FHWA HEC-22 (2013), EAAB (2015) y el RAS 2017 – Título B, se establecieron las siguientes categorías funcionales:

- Drenaje longitudinal: cunetas en tierra, cunetas revestidas, canales de coronación, canales revestidos.
- Drenaje transversal: alcantarillas circulares, alcantarillas cajón (box culverts), tuberías de descarga, estructuras de alivio.
- Estructuras captantes: sumideros, rejillas, bocas de tormenta, captaciones tipo trampa de sedimentos.
- Estructuras disipadoras: pozos de caída, trampas de arena, disipadores tipo SAF, salto hidráulico, cuencos amortiguadores.
- Estructuras complementarias: filtros, geotextiles, zanjas drenantes, subdrenes.

Esta clasificación aseguró que ningún elemento quedara excluido y permitió agrupar la información según su función hidráulica.

4.2.2 Normalización de criterios técnicos

Una vez clasificados los elementos, se procedió a normalizar los criterios de control, ya que cada norma propone metodologías, parámetros y rangos distintos. Para ello se aplicaron las siguientes directrices:

- Se adoptaron pendientes mínimas funcionales según INVIAS (2013), garantizando flujo autolimpiante en elementos longitudinales.
- Se estandarizó el coeficiente de rugosidad n con base en CHOW (1959) y tabulados FHWA, lo cual es fundamental para el cálculo de capacidad hidráulica.
- Se incorporaron los parámetros de eficiencia de captación de sumideros descritos en FHWA HEC-22 (2013), especialmente para estructuras urbanas y periurbanas.

- Se consideraron las exigencias geométricas, de alineamiento y asentamiento del RAS 2017, particularmente para obras enterradas.
- Se incluyeron las tolerancias constructivas establecidas por EAAB (2015) para rejillas, bocas de tormenta y estructuras captantes.

Esta normalización permitió “leer” la información bajo un mismo estándar técnico, evitando contradicciones entre normas.

4.2.3 Asignación específica de actividades de control y seguimiento

Con los criterios normalizados, se definieron las actividades de control asociadas a cada elemento hidráulico. Cada actividad fue desglosada en:

- El qué se controla (variable, parámetro o condición).
- El cómo se controla (método, instrumento o técnica).
- El por qué se controla (función, riesgo mitigado o impacto técnico).
- El criterio de aceptación (valor o rango permitido según la norma).
- La referencia normativa que lo respalda (INVÍAS, FHWA, EAAB, RAS).

Ejemplos claros incluidos en la matriz:

a. Cunetas y drenaje longitudinal

Control de pendiente longitudinal:

- Qué: % de pendiente en el eje hidráulico.
- Cómo: nivelaciones con topografía de alta precisión.
- Por qué: garantizar flujo autolimpiante y evitar sedimentación.
- Norma: INVIAS (2013).
- Criterio: pendiente mínima $\geq 0.5\%$.

Control de rugosidad del revestimiento:

- Qué: coeficiente n de Manning.
- Norma: CHOW / FHWA.

b. Alcantarillas y drenaje transversal

Control de alineación y nivel de tubería:

- Qué: desviación del eje horizontal y vertical.
- Cómo: estación total.
- Norma: INVIAS 2013 – Drenaje.
- Criterio: desviación $\leq 1\%$.

Control de capacidad hidráulica:

- Qué: caudal Q_d de diseño.
- Norma: AASHTO (2014), Manning.

c. Sumideros, rejillas y captantes

Control de área útil de captación:

- Qué: longitud disponible de rejilla sin obstrucciones.
- Cómo: inspección visual y medición manual.
- Norma: EAAB (2015).

Control de eficiencia de captación:

- Norma base: FHWA HEC-22 (2013).

4.2.4 Validación normativa cruzada

Una vez organizadas las actividades y criterios, se desarrolló un proceso de validación cruzada consistente en comparar los parámetros establecidos en cada norma para un mismo tipo de estructura.

Este proceso permitió:

- Identificar coincidencias técnicas, como el uso universal de Manning para cálculo de capacidad hidráulica.
- Detectar diferencias normativas, por ejemplo:
 - ✓ FHWA propone coeficientes de rugosidad más detallados que INVIAS.
 - ✓ EAAB establece tolerancias más estrictas para estructuras urbanas que las de AASHTO.
- Determinar vacíos normativos, especialmente en actividades de verificación hidráulica en campo, donde la literatura internacional es más robusta que la normativa nacional.

Esta validación fue crucial para construir una matriz sólida y fundamentada.

4.2.5 Organización final de la matriz

Producto de las etapas anteriores, la matriz quedó organizada en columnas que permiten leer cada actividad de forma completa y trazable:

- Elemento hidráulico
- Tipo de control / ensayo aplicado
- Descripción técnica preliminar
- Método o técnica de verificación
- Criterio de aceptación
- Norma o referencia técnica base
- Observaciones para obra o mantenimiento

- Esta estructura facilita:
- La comparación entre estructuras.
- La futura construcción de la guía técnica.
- La identificación de brechas y oportunidades de mejora.
- La toma de decisiones en campo.

4.3. Jerarquización en las tres categorías definidas

Con base en el análisis se establecieron tres categorías principales para la formulación de la guía técnica: Control administrativo, Control en obra y Control de conservación y mantenimiento. Esto responde a la necesidad de estructurar la gestión de calidad en torno al ciclo de vida completo de las estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales. Esta jerarquización no es arbitraria: se fundamenta en principios técnicos, en la revisión normativa y en el comportamiento real de las obras hidráulicas a lo largo del tiempo. Su propósito es garantizar que el control no se limite a la construcción, sino que abarque todas las fases críticas que determinan la funcionalidad hidráulica y la durabilidad de las obras.

4.3.1. Categoría 1: Actividades para el control de calidad y seguimiento administrativo

En primer lugar, la categoría **CONTROL ADMINISTRATIVO** agrupa todas las actividades previas al proceso constructivo, las cuales son determinantes porque establecen las bases técnicas y documentales sobre las que se desarrollará el proyecto. De acuerdo con normas como INVIAS (2013), EAAB (2015) y los lineamientos de FHWA y AASHTO, la consistencia entre memorias de cálculo, planos, especificaciones técnicas y requisitos de ensayo es indispensable para evitar desviaciones durante la construcción. Un error o inconsistencia en esta

fase se replica y amplifica en obra. Por ello, esta categoría tiene un **CARÁCTER PREVENTIVO**: garantiza que el proyecto inicie sobre una plataforma documental sólida, verificable y coherente, lo cual es esencial para asegurar la trazabilidad y la calidad técnica del proceso constructivo desde su origen.

Actividades identificadas

- Revisión de estudios y diseños hidráulicos, verificando consistencia entre memoria, planos y cálculos, según INVIAS (2013) y EAAB (2015).
- Validación documental de especificaciones técnicas de materiales, procesos constructivos y requisitos de ensayo.
- Control de cumplimiento normativo, verificando que los elementos cumplan con parámetros establecidos en FHWA, AASHTO y RAS.
- Revisión y aprobación del programa de pruebas y muestreos, garantizando que los ensayos hidráulicos, geométricos y estructurales estén programados antes del inicio de obra.
- Control metrológico de equipos de medición en campo.
- Verificación de bitácoras, informes previos, actas y trazabilidad técnica, asegurando consistencia entre entregables y obra ejecutada.

Resultados relevantes

La revisión normativa permitió identificar que:

- Las especificaciones INVIAS 2013 exigen que todos los elementos de drenaje tengan respaldo documental previo a la instalación.
- La norma EAAB 2015 establece lineamientos estrictos para la revisión y aprobación de sumideros, rejillas y estructuras captantes.

- Manuales como FHWA HEC-22 describen criterios de capacidad y eficiencia de captación que deben ser revisados antes de obra.

4.3.2. Categoría 2: Actividades para el control de calidad y seguimiento en obra

La segunda categoría, **CONTROL EN OBRA**, constituye el núcleo operativo del aseguramiento de calidad. Las estructuras hidráulicas son altamente sensibles a variaciones geométricas, errores de alineamiento, alteraciones en la pendiente, mala selección o instalación de materiales, y deficiencias en el manejo del agua durante la construcción. El análisis documental evidenció que la mayor parte de los incumplimientos técnicos se originan en obra y no en el diseño, debido a la complejidad del terreno, la variabilidad de los suelos, las condiciones climáticas y las prácticas constructivas. Normas como INVIAS, FHWA HEC-22 y el RAS coinciden en que el control durante la ejecución **ES EL FACTOR MÁS DETERMINANTE** en la eficiencia hidráulica real del sistema. En esta categoría se integran las verificaciones geométricas, hidráulicas, materiales y constructivas que garantizan que cada elemento cumpla su función de conducción, captación, disipación o evacuación según las condiciones reales de campo. Su relevancia radica en que es la fase donde se pueden corregir desviaciones antes de que comprometan la funcionalidad o la seguridad.

Actividades identificadas

A partir de la matriz, se consolidan las siguientes actividades:

- a. Control geométrico y topográfico
 - Verificación de pendientes mínimas funcionales en cunetas y drenajes longitudinales (INVIAS 2013 exige pendientes $\geq 0.5\%$ para garantizar el flujo autolimpiante).
 - Control de alineamientos y cotas en estructuras transversales.

b. Control hidráulico de funcionamiento

- Verificación de capacidad mediante fórmula de Manning para cunetas, canales y alcantarillas.
- Comprobación de parámetros de rugosidad n , según CHOW (1959) y tablas FHWA.
- Ensayos de eficiencia en sumideros y rejillas, según EAAB (2015).

c. Control de materiales

- Revisión de características del concreto, acero, rejillas, tubería, filtros y geotextiles.
- Confirmación del cumplimiento de especificaciones técnicas de cada elemento.

d. Inspección visual y estructural

- Confirmación del estado superficial de cunetas y canales.
- Identificación temprana de erosiones, grietas, socavación o sedimentación prematura.

Resultados destacados

Del análisis técnico se determinó que:

- Las pendientes, rugosidades y geometrías son los parámetros más sensibles para asegurar la funcionalidad hidráulica.
- Existen variaciones normativas respecto a coeficientes de rugosidad y parámetros de diseño, por lo que debe prevalecer el criterio del especialista.
- El control en obra es la fase donde se identifica el mayor riesgo de incumplimientos si no se ejecutan verificaciones sistemáticas.

4.3.3. Categoría 3: Actividades para el control de calidad y seguimiento de conservación y mantenimiento

Finalmente, la categoría control de conservación y mantenimiento responde a la comprensión técnica de que las estructuras hidráulicas no son elementos estáticos, sino sistemas dinámicos expuestos a sedimentación, erosión, obstrucciones, procesos de socavación y variaciones estacionales del caudal. La revisión de normas como EAAB, INVIAS y FHWA muestra que el deterioro de estas estructuras no ocurre por fallas súbitas, sino por acumulación progresiva de efectos no corregidos, lo que reduce significativamente su eficiencia hidráulica. Por ello, la gestión del mantenimiento se considera un componente estratégico dentro del ciclo de vida de la infraestructura. Esta categoría permite asegurar no solo la funcionalidad original del sistema, sino también la sostenibilidad de la inversión pública, al evitar colapsos, inundaciones o costos elevados de rehabilitación.

Actividades identificadas

- Inspecciones periódicas para verificar obstrucciones, sedimentación y pérdida de sección útil.
- Limpieza y retiro de residuos en rejillas y sumideros, siguiendo EAAB (2015).
- Mantenimiento de cunetas y canales, corrigiendo erosión o descalces.
- Evaluación de desgaste y socavación, principalmente en dissipadores y salidas de alcantarillas.
- Revisión post-lluvias intensas, verificando la capacidad hidráulica y el comportamiento real frente a caudales máximos.

Resultados relevantes

El análisis de la matriz permitió concluir que:

- La mayoría de normas consultadas coinciden en que el mantenimiento debe ser preventivo, no reactivo.

- La sedimentación, basura y vegetación son las principales causas de pérdida de eficiencia hidráulica.
- Las estructuras transversales requieren inspecciones con mayor frecuencia que las longitudinales.

En conjunto, la jerarquización en estas tres categorías permite abordar el control de calidad bajo un enfoque integral, sistémico y alineado con el ciclo de vida de las obras hidráulicas. Cada categoría cumple un rol complementario: la primera evita errores de origen, la segunda controla la construcción de las obras y la tercera preserva en el tiempo la funcionalidad y durabilidad de la estructura. Esta estructura jerarquizada constituye la base conceptual para la elaboración de la guía técnica propuesta en esta monografía.

4.4. Tabla consolidada de resultados por categoría

A continuación, se presenta la síntesis organizada según el objetivo de la guía.

Tabla 3. Consolidado de información para la categorización de las fases de control y seguimiento las cuales se clasificaron en control administrativo, control en obra y control para la conservación y mantenimiento.

Categoría de control	Elemento hidráulico	Actividad / Control aplicado	Descripción técnica	Método de verificación	Criterio de aceptación	Documento base consultado
Control administrativo	Cunetas / Drenaje longitudinal	Revisión documental del diseño	Validación de pendientes, secciones y caudales previos a obra. Evaluación de geometría, área útil y separación de barras.	Revisión documental	Coherencia diseño-especificaciones	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013)
Control administrativo	Sumideros y rejillas	Verificación de especificaciones técnicas	Validación de caudal, capacidad y pérdidas.	Revisión con planos y fichas	Cumplimiento especificaciones	Manual de Diseño y Construcción de Obras Hidráulicas – EAAB (2015)
Control administrativo	Alcantarillas	Revisión del cálculo hidráulico	Validación de caudal, capacidad y pérdidas.	Revisión de memorias	Caudal $Q_d \geq$ diseño	Urban Drainage Design Manual – Hydraulic Engineering Circular No. 22 (HEC-22), FHWA (2013)

Control administrativo	Obras transversales	Validación documental de cotas y alineamientos	Confirmación de cotas de entrada/salida.	Revisión de planos	Coincidencia planos-topografía	AASHTO Drainage Manual – American Association of State Highway and Transportation Officials (2014)
Control administrativo	Estructuras de captación	Revisión previa de tolerancias	Verificación de cumplimiento para rejillas y cámaras.	Revisión documental	Cumplimiento geometrías	Manual de Diseño y Construcción de Obras Hidráulicas – EAAB (2015)
Control en obra	Cunetas	Verificación de pendiente en ejecución	Control topográfico de pendientes reales.	Nivelación y estación total	Pendiente $\geq 0.5\%$	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013)
Control en obra	Cunetas revestidas	Verificación del coeficiente n	Revisión de rugosidad del revestimiento instalado.	Inspección / tablas	n según revestimiento	Open-Channel Hydraulics – Chow (1959)
Control en obra	Sumideros	Control de capacidad de captación	Determinación de área efectiva de captación.	Medición directa	Funcionamiento sin obstrucciones	Urban Drainage Design Manual – HEC-22, FHWA (2013)
Control en obra	Rejillas	Inspección visual y dimensional	Evaluación de geometría y fijaciones.	Inspección visual	Geometría conforme diseño	Manual de Diseño y Construcción de Obras Hidráulicas – EAAB (2015)
Control en obra	Alcantarillas circulares	Verificación de alineación	Control de desviaciones horizontales y verticales.	Estación total	Desviación $\leq 1\%$	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013)
Control en obra	Alcantarillas cajón	Control de sección hidráulica	Evaluación de dimensiones internas.	Medición directa	Dimensiones = diseño	AASHTO Drainage Manual – AASHTO (2014)
Control en obra	Disipadores	Control geométrico y energético	Revisión de cuenco y bloques.	Inspección visual	Cumplimiento geométrico	Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels – HEC-14, FHWA (1992)
Control en obra	Canales	Verificación de capacidad hidráulica real	Comparación de Q real vs. Q teórico.	Cálculo con Manning	$Q_{real} \geq Q_{diseño}$	Urban Drainage Design Manual – HEC-22, FHWA (2013)
Control en obra	Subdrenes y filtros	Verificación de granulometría y material	Confirmación técnica del filtro instalado.	Ensayos de granulometría	Cumplimiento curva filtro	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013)

Conservación y mantenimiento	Cunetas	Retiro de sedimentos	Limpieza periódica para mantener sección útil.	Inspección visual	Sección útil libre	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013)
Conservación y mantenimiento	Rejillas / sumideros	Inspección post-lluvia	Identificación de basura y sedimentos.	Inspección post-lluvia	Captación total	Manual de Diseño y Construcción de Obras Hidráulicas – EAAB (2015)
Conservación y mantenimiento	Alcantarillas	Inspección de socavación	Revisión de erosión estructural.	Inspección visual	Sin pérdida estructural	AASHTO Drainage Manual – AASHTO (2014)
Conservación y mantenimiento	Disipadores	Evaluación del cuenco y losa	Identificación de desgaste o fractura.	Inspección visual	Integridad total	Hydraulic Design of Energy Dissipators – HEC-14, FHWA (1992)
Conservación y mantenimiento	Drenajes transversales	Limpieza interna	Retiro de material arrastrado.	Inspección y vector	Sin obstrucciones internas	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS Título B (2017)
Conservación y mantenimiento	Canales	Control de erosión	Revisión de bordes y revestimiento.	Inspección visual	Sin erosión severa	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013)

5. Guía Técnica Para El Control Y Seguimiento De Estructuras Hidráulicas Asociadas A

Proyectos Viales Proyectos Viales

Se desarrolla la Guía Técnica para el Control y Seguimiento de Estructuras Hidráulicas asociadas a proyectos viales, formulada a partir de los resultados obtenidos en el análisis documental, la revisión normativa y la sistematización estructurada de actividades presentada en el Capítulo 4. La guía se concibe como un instrumento práctico, aplicable y verificable en campo, que permite estandarizar los procesos de control de calidad en las distintas etapas del ciclo de vida de las obras hidráulicas: planeación y revisión previa (administrativo), ejecución en obra y conservación/mantenimiento.

Su estructura se basa en una clasificación funcional que responde a las necesidades propias de los proyectos viales y a los lineamientos técnicos de las normas consultadas (INVIAS, AASHTO, FHWA, EAAB, RAS). Cada matriz compila actividades, métodos de verificación, criterios de aceptación y referencia normativa, permitiendo que la guía se utilice como documento operativo durante la construcción y como insumo de seguimiento para la interventoría y el contratista.

A continuación, se presentan las tres matrices que conforman la guía técnica:

5.1. Control De Calidad Y Seguimiento Administrativo

La primera matriz agrupa las actividades de carácter **administrativo, documental y previo a la ejecución de obra**, necesarias para garantizar que los diseños hidráulicos, memorias de cálculo, planos, especificaciones técnicas y requerimientos normativos se encuentren completos, coherentes y técnicamente validados antes de iniciar la construcción. Estas actividades funcionan como el cimiento del proceso de aseguramiento de calidad, ya que una revisión adecuada en esta fase evita reprocesos, fallos funcionales y desviaciones constructivas que suelen manifestarse en obra. Esta matriz sirve como herramienta para la verificación previa, la aprobación de documentos y la definición de lineamientos técnicos obligatorios para el inicio de las actividades hidráulicas del proyecto.

Tabla 4. *Matriz para el control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas para la etapa de planeación y revisión previa (administrativo)*

Elemento hidráulico	Actividad de control	Descripción técnica	Método de verificación	Criterio de aceptación	Documento base
Cunetas / drenaje longitudinal	Revisión documental del diseño hidráulico	Validación de pendientes, coeficientes de rugosidad, caudales y secciones previos a ejecución.	Revisión de memorias, planos y especificaciones técnicas.	Coherencia entre diseño, especificaciones y obra.	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013)

Sumideros y rejillas	Revisión de especificaciones técnicas	Validación de geometría, área útil, separación de barras, materiales y capacidad teórica antes de aprobaciones.	Revisión de planos, fichas técnicas y cálculos previos.	Cumplimiento de las especificaciones aprobadas.	Manual de Diseño y Construcción de Obras Hidráulicas – EAAB (2015)
Alcantarillas	Revisión del cálculo hidráulico	Verificación de caudales, pérdidas de energía, diámetro y eficiencia hidráulica previo a obra.	Revisión de memorias de diseño y modelos hidráulicos.	Caudal de diseño igual o mayor al requerido por la cuenca.	Urban Drainage Design Manual (HEC-22), FHWA (2013)
Obras transversales	Validación de cotas y alineamientos	Revisión previa de cotas topográficas, profundidades y niveles de entrada/salida.	Comparación de planos versus levantamiento topográfico.	Coincidencia entre planos aprobados y topografía real.	AASHTO Drainage Manual – AASHTO (2014)
Estructuras de captación	Revisión de tolerancias y características	Validación de dimensiones, nivelaciones y características previas de rejillas, tapas y cámaras.	Revisión documental y administrativa.	Cumplimiento total de los parámetros geométricos normados.	Manual de Diseño y Construcción de Obras Hidráulicas – EAAB (2015)

OTRAS ACTIVIDADES PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO

Elemento / aspecto	Actividad de control administrativo	Descripción técnica	Método de verificación	Criterio de aceptación	Documento base consultado
Proyecto / Obra	Aprobación del Plan de Aseguramiento de la Calidad de la obra	Verificar que la obra disponga de un Plan de Aseguramiento de la Calidad que incluya procedimientos, responsables, formatos y criterios de aceptación para todas las actividades de materiales y obra civil.	Revisión documental del Plan de Calidad y sus anexos, con aprobación formal de la interventoría.	Plan de Aseguramiento de la Calidad aprobado por interventoría y coherente con el contrato y especificaciones.	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013)
Concreto hidráulico	Revisión y aprobación del diseño de mezcla de concreto	Revisar que el diseño de mezcla cumpla con la resistencia especificada, asentamiento, tamaño máximo de agregado, tipo de cemento, relación agua/cemento y condiciones de exposición definidas en el proyecto.	Revisión documental del informe de diseño de mezcla y comparación con las especificaciones del proyecto.	Diseño de mezcla aprobado por interventoría y coherente con la resistencia y desempeño especificado.	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013); NSR-10 – Título C Concreto estructural

Concreto hidráulico	Verificación de la entidad responsable del diseño de mezcla	Confirmar que el diseño de mezcla haya sido elaborado por laboratorio o entidad con competencia técnica demostrable y experiencia en concreto estructural, de acuerdo con los requisitos normativos.	Revisión de contratos, certificados de idoneidad y experiencia de la entidad o laboratorio que diseñó la mezcla.	Entidad o laboratorio con competencia técnica demostrada y aceptación formal por parte de la interventoría.	NSR-10 – Título C Concreto estructural
Cemento hidráulico	Revisión de certificados de calidad del cemento hidráulico	Verificar que cada lote de cemento cuente con certificado de calidad vigente, emitido por el fabricante, donde se garantice el cumplimiento de la norma técnica aplicable y las condiciones de almacenamiento.	Revisión de certificados de calidad por lote y verificación de fechas de producción y vigencia.	Todos los lotes de cemento cuentan con certificados vigentes y cumplen con la norma técnica definida en el proyecto.	Norma Técnica Colombiana NTC 121 – Especificación de desempeño para cemento hidráulico
Agregados para concreto	Revisión de caracterización y certificados de calidad de agregados	Verificar resultados de granulometría, desgaste Los Ángeles, equivalente de arena, densidad y absorción de los agregados, validando que cumplan con los rangos y límites establecidos en las especificaciones.	Revisión de informes de ensayo de laboratorio y comparación con los rangos de la especificación técnica.	Los resultados de ensayo de agregados cumplen con los límites y requisitos de la especificación y normas aplicables.	Norma Técnica Colombiana NTC 174 – Agregados para concreto; Manual de Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras – INVIAS
Materiales granulares (subbase / base)	Aprobación de fuentes y caracterización de materiales granulares	Revisar resultados de granulometría, CBR, límites de consistencia y otros ensayos de control para subbases y bases, así como la aprobación formal de la fuente de suministro por parte de la interventoría.	Revisión de informes de ensayo, visitas a la fuente de materiales y acta de aprobación de la interventoría.	La fuente de materiales granulares y sus propiedades mecánicas cumplen con las especificaciones de INVIAS y del proyecto.	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013), capítulos de materiales granulares
Acero de refuerzo	Revisión de certificados de calidad del acero de refuerzo	Verificar que los certificados de calidad del acero especifiquen el límite de fluencia, resistencia última, ductilidad y norma de fabricación, asegurando que el material corresponda con lo especificado en planos y normas.	Revisión de certificados de calidad y contraste con planos estructurales y normas aplicables.	El acero de refuerzo cumple con resistencia, ductilidad y especificaciones de la NSR-10 y/o normas de referencia del proyecto.	NSR-10 – Título C Concreto estructural; Normas de acero para refuerzo estructural (NTC aplicables)

Geotextiles y geosintéticos	Revisión de fichas técnicas y especificaciones de geotextiles/geosintéticos	Revisar fichas técnicas, resistencia a la tracción, elongación, permeabilidad y apertura aparente de poro, verificando que el geotextil o geosintético cumpla con los requisitos definidos en el diseño y especificaciones.	Revisión de fichas técnicas, catálogos, resultados de ensayos y planos de diseño.	Los geotextiles y geosintéticos cumplen con los parámetros de diseño y las especificaciones de INVIAS o normativas de referencia.	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013), artículos de geotextiles y subdrenes
Tuberías y accesorios para drenaje	Revisión de certificados de fabricación y ensayos de tuberías y accesorios	Verificar que las tuberías y accesorios (concreto, PVC u otros) cuenten con certificados de fabricación, ensayos de resistencia, hermeticidad y dimensiones, concordantes con las especificaciones del proyecto.	Revisión de certificados, fichas técnicas, catálogos y normas de producto.	Las tuberías y accesorios cumplen con las características dimensionales, mecánicas e hidráulicas establecidas en el diseño.	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013); RAS – Título B Sistemas de alcantarillado
Programa de ensayos de materiales	Aprobación del programa de ensayos, muestreos y frecuencias de control	Revisar y aprobar el listado de ensayos de laboratorio, tipo de ensayo, normas de referencia, frecuencias y localización de puntos de muestreo para materiales y elementos estructurales del proyecto.	Revisión y ajuste conjunto con interventoría del programa de ensayos y plan de muestreo.	El programa de ensayos cubre todos los materiales y fases críticas, con frecuencias suficientes para garantizar el control de calidad.	Manual de Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras – INVIAS; Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013)
Equipos de medición y laboratorio	Verificación de certificados de calibración de equipos de medición y laboratorio	Confirmar que los equipos de laboratorio, balanzas, prensas, moldes, equipos de slump, termómetros, entre otros, cuenten con certificados de calibración vigentes emitidos por laboratorios acreditados.	Revisión de certificados de calibración, fechas de vigencia y trazabilidad de los equipos.	Todos los equipos críticos para el control de calidad cuentan con calibración vigente y son aptos para su uso en obra.	Manual de Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras – INVIAS; NSR-10 – Título C, capítulo de ensayos de materiales

La Tabla 4 permite evidenciar que, antes del inicio de la construcción, el control y seguimiento debe centrarse en la revisión completa de los documentos técnicos, la validación de

diseños, la verificación de materiales y la definición de los ensayos requeridos para la obra. Entre los aspectos más relevantes se destacan la aprobación de los estudios y planos, la revisión de diseños de mezcla, la comprobación de certificados de calidad de los materiales, la caracterización de agregados y materiales granulares, y la verificación de la calibración de los equipos de medición y laboratorio. En conjunto, estas actividades son importantes porque permiten anticipar errores, reducir fallas durante la ejecución y asegurar que la obra inicie con condiciones técnicas claras y bien soportadas.

5.2. Control De Calidad Y Seguimiento En Obra

La segunda matriz corresponde al **núcleo operativo del aseguramiento de calidad**, donde se concentran las actividades de verificación que deben realizarse directamente en campo durante la construcción de las estructuras hidráulicas. Incluye controles geométricos, hidráulicos, dimensionales, de materiales y de funcionalidad, que permiten garantizar que la obra ejecutada cumpla con los parámetros establecidos en los diseños aprobados y en la normativa técnica vigente. Esta matriz constituye la herramienta esencial para residentes, supervisores, interventores y equipos de calidad, pues define qué se debe verificar, cómo debe verificarse y bajo qué criterios debe aceptarse lo ejecutado.

Tabla 5. Matriz para el control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas para la etapa de ejecución en obra.

Elemento hidráulico	Actividad de control en obra	Descripción técnica de la verificación	Método de verificación	Criterio de aceptación	Documento base consultado
Cunetas	Verificación de pendiente en ejecución	Control del eje hidráulico para garantizar flujo autolimpiante.	Nivelación topográfica	Pendiente \geq 0.5%	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013)

Cunetas revestidas	Verificación del coeficiente de rugosidad (n)	Validación del tipo de revestimiento y rugosidad hidráulica.	Inspección y tablas	n según material instalado	Open-Channel Hydraulics – Chow (1959)
Sumideros	Control de capacidad de captación	Determinación de área efectiva y capacidad de captación.	Medición directa	Funcionamiento sin obstrucciones	Urban Drainage Design Manual – HEC-22, FHWA (2013)
Rejillas	Inspección visual y dimensional	Verificación de geometría, separación y fijación.	Inspección visual y medición	Cumplimiento geométrico del diseño	Manual de Diseño y Construcción de Obras Hidráulicas – EAAB (2015)
Alcantarillas circulares	Verificación de alineación y pendiente	Control de desviaciones horizontales y verticales.	Estación total y nivel óptico	Desviación \leq 1%	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013)
Alcantarillas tipo cajón	Control de sección hidráulica real	Revisión de dimensiones internas y acabado.	Medición directa	Dimensiones ejecutadas = diseño	AASHTO Drainage Manual – AASHTO (2014)
Disipadores	Control geométrico y energético	Verificación del cuenco, bloques y disipación de energía.	Inspección visual	Geometría conforme al diseño	Hydraulic Design of Energy Dissipators – HEC-14, FHWA (1992)
Canales	Verificación de capacidad hidráulica real	Cálculo de Q ejecutado con fórmula de Manning.	Levantamiento y cálculo hidráulico	$Q_{real} \geq Q_{diseño}$	Urban Drainage Design Manual – HEC-22, FHWA (2013)
Subdrenes y filtros	Verificación de granulometría y material	Confirmación del filtro y granulometría especificada.	Ensayo de granulometría	Cumplimiento curva granulométrica	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013)

OTRAS ACTIVIDADES PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO

Inspección y limpieza de formaletas antes del vaciado	Verificar que las formaletas estén íntegras, alineadas, sin deformaciones visibles y libres de lechada endurecida, suciedad, material suelto o elementos que puedan generar nidos de grava o marcas en la superficie del concreto.	Preventivo	Previa al vaciado del concreto	Residente de obra / Maestro de obra	AG8-1-133 Comunicación de Observaciones 25 a la 36 AC INVIAS Boyacá
---	--	------------	--------------------------------	-------------------------------------	---

Revisión de nivelación, plomo y sección de las formaletas	Comprobar con niveles, plomadas y cintas que las formaletas reproduzcan fielmente las dimensiones, pendientes y alineamientos de diseño, evitando sobreespesores, reducciones de sección o cambios no autorizados en la geometría de la estructura.	Preventivo	Previa al vaciado del concreto	Topógrafo / Residente de obra	AG8-1-133 Comunicación de Observaciones 25 a la 36 AC INVIAS Boyacá
Aplicación adecuada de desmoldante	Controlar que el desmoldante se aplique de forma uniforme, en capa delgada, sin charcos ni ausencia de producto, para evitar manchas, porosidad superficial o adherencia deficiente del concreto a la formaleta. Realizar ensayo de asentamiento y verificación de temperatura al momento de la recepción del concreto, comprobando que se encuentre dentro de los rangos establecidos en las especificaciones técnicas y rechazando mezclas fuera de tolerancia.	Preventivo	Previa al vaciado del concreto	Maestro de obra / Inspector de calidad	AG8-1-133 Comunicación de Observaciones 25 a la 36 AC INVIAS Boyacá
Control de asentamiento y temperatura del concreto en obra	Realizar ensayo de asentamiento y verificación de temperatura al momento de la recepción del concreto, comprobando que se encuentre dentro de los rangos establecidos en las especificaciones técnicas y rechazando mezclas fuera de tolerancia.	Concurrente	Recepción y colocación del concreto	Inspector de calidad / Laboratorista	AG8-1-133 Comunicación de Observaciones 25 a la 36 AC INVIAS Boyacá
Control del tiempo máximo de transporte y colocación del concreto	Verificar que el tiempo transcurrido entre el cargue, transporte, descarga y colocación no exceda el máximo permitido por la especificación, evitando pérdidas de trabajabilidad, segregación y juntas frías.	Concurrente	Transporte y colocación del concreto	Residente de obra / Maestro de obra	AG8-1-133 Comunicación de Observaciones 25 a la 36 AC INVIAS Boyacá

Supervisión del vibrado interno del concreto	Controlar el uso correcto de vibradores internos (diámetro, frecuencia, tiempo de aplicación y espaciamiento), evitando tanto el sub-vibrado (nidos de grava, falta de compactación) como el sobre-vibrado (segregación, exudación excesiva).	Concurrente	Colocación y compactación del concreto	Maestro de obra / Inspector de calidad	AG8-1-133 Comunicación de Observaciones 25 a la 36 AC INVIAS Boyacá
Control del vibrado externo y golpeo de formaletas	Verificar que el golpeo de las formaletas se haga de manera moderada y uniforme, sin generar desplazamientos, pérdidas de sección o deformaciones, especialmente en elementos delgados o de geometría compleja. Comprobar la correcta ubicación, alineación y ejecución de juntas de construcción y contracción	Concurrente	Colocación y compactación del concreto	Maestro de obra	AG8-1-133 Comunicación de Observaciones 25 a la 36 AC INVIAS Boyacá
Verificación de juntas de construcción y contracción	(dimensiones, limpieza, sellos), de acuerdo con planos y especificaciones, para controlar fisuración y garantizar el comportamiento estructural.	Concurrente / Posterior	Ejecución y terminación del elemento	Residente de obra / Inspector de calidad	AG8-1-133 Comunicación de Observaciones 25 a la 36 AC INVIAS Boyacá
Ejecución y seguimiento del curado del concreto	Definir y aplicar un método de curado adecuado (membranas de curado, láminas plásticas, riego frecuente, entre otros) durante el tiempo mínimo especificado, registrando la duración, frecuencia y condiciones ambientales para evitar fisuración por contracción y pérdida de resistencia.	Concurrente / Posterior	Fraguado y endurecimiento del concreto	Maestro de obra / Inspector de calidad	AG8-1-133 Comunicación de Observaciones 25 a la 36 AC INVIAS Boyacá

Protección del concreto fresco frente a lluvia, viento y tránsito prematuro	Implementar barreras físicas, señalización y protocolos de cierre al tránsito para impedir el impacto de lluvia directa, corrientes de aire fuertes o cargas prematuras sobre el concreto, hasta que se alcance la resistencia mínima de diseño.	Preventivo / Concurrente	Fraguado inicial y curado	Residente de obra / Encargado de seguridad vial	AG8-1-133 Comunicación de Observaciones 25 a la 36 AC INVIAS Boyacá
Control de tiempos de desencofrado y retiro de formaletas	Verificar que el retiro de formaletas se haga cumpliendo los tiempos mínimos establecidos y en la secuencia adecuada, evitando desprendimientos, fisuras o pandeos por falta de resistencia suficiente en el concreto.	Posterior	Desencofrado	Residente de obra / Maestro de obra	AG8-1-133 Comunicación de Observaciones 25 a la 36 AC INVIAS Boyacá
Toma de especímenes cilíndricos para ensayo a compresión	Realizar la toma de cilindros con moldes limpios, compactación adecuada y registros detallados de lote, ubicación, fecha y hora. Garantizar curado inicial y transporte adecuado al laboratorio.	Concurrente	Durante el vaciado del concreto	Laboratorista / Inspector de calidad	NTC 673 – Ensayo de resistencia a la compresión en cilindros
Ensayo de asentamiento (Slump Test)	Ejecutar el ensayo de asentamiento utilizando el cono de Abrams para verificar trabajabilidad y cumplimiento del asentamiento especificado. Registrar lote, temperatura y condiciones ambientales.	Concurrente	Recepción del concreto	Laboratorista / Inspector de calidad	NTC 396 – Método para determinar el asentamiento
Registro de trazabilidad del concreto colocado	Registrar ubicación, volumen, lote, proveedor, asentamiento, temperatura, cilindros tomados, condiciones climáticas y observaciones para garantizar trazabilidad completa del proceso de vaciado.	Concurrente / Posterior	Durante y después del vaciado	Inspector de calidad / Residente de obra	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013)

Inspección visual continua durante la colocación del concreto	Supervisar apariencia, consistencia, ausencia de segregación y correcta colocación del concreto en todo el elemento, especialmente en zonas de difícil acceso.	Concurrente	Colocación del concreto	Inspector de calidad / Maestro de obra	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013)
Registro documental y fotográfico de las actividades de concreto	Diligenciar formatos de vaciado, controles de calidad, resultados de ensayos y registros fotográficos antes, durante y después del vaciado, garantizando trazabilidad para responder a observaciones de interventoría y entidades de control.	Posterior	Todo el proceso (antes, durante y después)	Residente de obra / Inspector de calidad	AG8-1-133 Comunicación de Observaciones 25 a la 36 AC INVIAS Boyacá

La Tabla 5 presenta las principales actividades de control y seguimiento que deben realizarse durante la ejecución de las estructuras hidráulicas en obra. En esta etapa, el control se enfoca principalmente en verificar que los procesos constructivos se desarrollen conforme a las especificaciones técnicas, mediante la supervisión de actividades como la correcta colocación del concreto, el control de formaletas, el vibrado, el curado y la realización de ensayos de control como el asentamiento del concreto y la toma de cilindros para comprobar su resistencia. Estas acciones permiten detectar oportunamente posibles fallas durante la construcción y asegurar que los elementos ejecutados cumplan con las condiciones de calidad requeridas para su adecuado funcionamiento.

5.3. Control De Conservación Y Mantenimiento

La tercera matriz integra las actividades que deben ejecutarse durante la fase de conservación, mantenimiento preventivo y correctivo, orientadas a preservar la funcionalidad hidráulica y prolongar la vida útil de las estructuras. Estas actividades permiten prevenir sedimentación,

erosión, obstrucciones, pérdida de capacidad hidráulica y deterioros progresivos que comprometen el desempeño del sistema de drenaje. La matriz establece procedimientos, verificaciones y criterios que aseguran que las estructuras mantengan sus condiciones hidráulicas de diseño incluso después de eventos climáticos extremos y ciclos prolongados de operación. Se convierte así en una herramienta fundamental para entidades públicas, operarios y equipos de mantenimiento vial.

Tabla 6. Matriz para el control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas para la etapa de conservación y/o mantenimiento.

Elemento hidráulico	Actividad de conservación y mantenimiento	Descripción técnica	Método de verificación	Criterio de aceptación	Documento base consultado
Cunetas	Retiro periódico de sedimentos	Remoción de material acumulado para mantener la sección útil y evitar pérdida de capacidad hidráulica.	Inspección visual y registro fotográfico	Sección completamente libre de sedimentos	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013)
Rejillas / Sumideros	Inspección y limpieza post-lluvias	Revisión de basura, arena, vegetación y elementos que bloqueen la captación.	Inspección visual post-evento	Captación sin obstrucciones y flujo libre	Manual de Diseño y Construcción de Obras Hidráulicas – EAAB (2015)
Alcantarillas	Evaluación de socavación en entrada y salida	Identificación de erosión, pérdida de soporte o cavidades generadas por el flujo.	Inspección visual y herramientas de sondeo	Ausencia de pérdida de soporte o erosión severa	AASHTO Drainage Manual – AASHTO (2014)
Disipadores	Inspección del cuenco amortiguador y losa	Verificación de desgaste, fracturas y comportamiento del salto hidráulico.	Inspección visual y medición	Integridad del cuenco y elementos disipadores	Hydraulic Design of Energy Dissipators – HEC-14, FHWA (1992)
Drenajes transversales	Limpieza interna de sedimentos y obstrucciones	Retiro de material mediante succión, retiro manual o equipos tipo vector.	Inspección interna y equipos de limpieza	Conducto libre y sin bloqueos	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS Título B (2017)

Canales	Control de erosión en bordes y taludes	Inspección de taludes, revestimiento y bordes para identificar erosión o socavación.	Inspección visual periódica	Sin erosión significativa o progresiva	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013)
---------	--	--	-----------------------------	--	--

La Tabla 6 reúne las actividades de control relacionadas con la conservación y mantenimiento de las estructuras hidráulicas una vez finalizada su construcción. En esta etapa, el seguimiento se orienta principalmente a la inspección periódica de los elementos hidráulicos, la identificación de posibles obstrucciones, acumulación de sedimentos, procesos de erosión o deterioro de los materiales. Estas actividades permiten mantener el adecuado funcionamiento de las obras de drenaje, prevenir daños que puedan afectar la vía y prolongar la vida útil de las estructuras hidráulicas mediante intervenciones oportunas.

6. Conclusiones

El desarrollo de la presente monografía permitió evidenciar que, aunque existen múltiples normas técnicas, manuales y especificaciones aplicables al control de calidad y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas para proyectos de infraestructura vial, dicha información se encuentra dispersa en diferentes documentos normativos y técnicos. Esta situación dificulta su consulta y aplicación sistemática durante las distintas etapas de los proyectos, especialmente en los procesos de supervisión y control en obra.

A partir del análisis de la normativa técnica vigente y de la documentación especializada, fue posible identificar y organizar las principales actividades de control y seguimiento requeridas en la ejecución de estructuras hidráulicas. Este proceso permitió consolidar la información en una matriz estructurada que facilita la comprensión y aplicación de los controles necesarios durante las etapas de planeación, ejecución y mantenimiento de las obras.

Los resultados obtenidos evidencian que el control de calidad y seguimiento en este tipo de estructuras debe abordarse de manera integral, contemplando tanto aspectos administrativos previos a la construcción, como actividades de control durante la ejecución en obra y acciones orientadas a la conservación y mantenimiento de las estructuras hidráulicas. Esta organización permitió estructurar la información en tres categorías principales, lo que facilita su uso práctico dentro de los procesos de gestión de proyectos de infraestructura vial.

Como resultado del proceso de recolección de información, se formuló una guía técnica que consolida las actividades de control y seguimiento identificadas, organizadas en matrices que permiten orientar de manera clara las acciones que deben desarrollarse en cada etapa del proyecto. Esta guía constituye una herramienta de apoyo para profesionales vinculados a la construcción, supervisión e interventoría de obras de drenaje, facilitando la aplicación de los lineamientos técnicos establecidos en la normativa vigente.

Finalmente, la guía técnica propuesta contribuye a fortalecer los procesos de control de calidad en la construcción de estructuras hidráulicas, promoviendo una mejor organización de las actividades de seguimiento y favoreciendo el cumplimiento de las especificaciones técnicas. Su aplicación puede aportar a la reducción de fallas constructivas, mejorar la durabilidad de las obras y optimizar la gestión técnica en proyectos de infraestructura vial.

Referencias

- American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO. (2014). Drainage Manual (4th ed.). Washington, D.C.: AASHTO Publications.
- Constructora GranCoecin S.A.S. (2024). Bitácora para la elaboración del marco referencial de la monografía “Diseño de una guía técnica para el control y seguimiento en la construcción de estructuras hidráulicas asociadas a proyectos viales” [Documento interno]. Tunja, Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación – DNP. (2023). Manual de Supervisión e Interventoría. Bogotá, D.C.: DNP.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB-ESP. (2020). Manual de Supervisión e Interventoría. Bogotá, D.C.: EAAB-ESP.
- Giovene Pérez, C., & Campomanes, J. (2005). Manual de Obras Hidráulicas. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Gobernación de Boyacá. (2025). Manual de Interventoría y/o Supervisión. Versión 2. Tunja, Colombia.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Instituto Nacional de Vías – INVÍAS. (2022). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Capítulo 6: Estructuras y Drenajes. Bogotá, D.C.: Ministerio de Transporte.
- Llamuca Benalcázar, D. S. (2009). Manual de control en la construcción de estructuras hidráulico-viales que permita mejorar el proceso de fiscalización en zonas frágiles de la provincia de Tungurahua [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional UTA.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Decreto 1076 de 2015 – Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Diario Oficial de la República de Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Resolución 0631 de 2015 – Parámetros y límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de agua y alcantarillado público. Diario Oficial de la República de Colombia.

Ministerio de Obras Públicas de Chile – MOP. (2018). Manual de Supervisión de Obras Horizontales. Santiago de Chile: Gobierno de Chile.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2019). Resolución 0312 de 2019 – Estándares mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Bogotá, D.C.: Ministerio de Salud y Protección Social.

Ministerio de Transporte. (2015). Resolución 1885 de 2015 – Manual de Señalización Vial. Bogotá, D.C.: Ministerio de Transporte.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). Resolución 0330 de 2017 – Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS). Bogotá, D.C.: MVCT.

Presidencia de la República de Colombia. (2015). Decreto 1082 de 2015 – Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Planeación Nacional. Diario Oficial de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia. (2015). Decreto 1072 de 2015 – Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. Diario Oficial de la República de Colombia.