Buenas prácticas ambientales en infraestructura del agua,

estrategias sostenibles para acueductos, alcantarillado y aseo en Colombia



GRUPO DE INVESTIGACIÓN ZOOBIOS

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

Sello Editorial
Universidad Nacional
Abierta y a Distancia

BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES EN INFRAESTRUCTURA DEL AGUA ESTRATEGIAS SOSTENIBLES PARA ACUEDUCTOS, ALCANTARILLADO Y ASEO EN COLOMBIA

Autores: Fanny Matilde Pinzón Candelario, Cindy Lorena García,
Raúl David Peralta Mendoza

Grupos de Investigación: Zoobios

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)

Jaime Alberto Leal Afanador
Rector

Constanza Abadía García
Vicerrectora académica y de investigación

Leonardo Yunda Perlaza
Vicerrector de medios y mediaciones pedagógicas

Edgar Guillermo Rodríguez Díaz
Vicerrector de servicios a aspirantes, estudiantes y egresados

Leonardo Evemeleth Sánchez Torres.
Vicerrector de relaciones intersistémicas e internacionales

Martha Viviana Vargas Galindo
Vicerrectora de inclusión social para el desarrollo regional y la proyección comunitaria

Jordano Salamanca Bastidas
Decano Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente

Juan Sebastián Chiriví Salomón
Líder Nacional del Sistema de Gestión de la Investigación (SIGI)

Martín Gómez Orduz
Líder Sello Editorial UNAD

Buenas prácticas ambientales en infraestructura del agua: estrategias sostenibles para acueductos, alcantarillado y aseo en Colombia

Autores: Fanny Matilde Pinzón Candelario, Cindy Lorena García y Raúl David Peralta Mendoza

Grupos de Investigación: Zoobios

ISBN: 978-628-7786-79-0

e-ISBN: 978-628-7786-53-0

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA)
© Editorial
Sello Editorial UNAD
Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Calle 14 Sur N.º 14-23

Bogotá D.C.
Julio del 2026

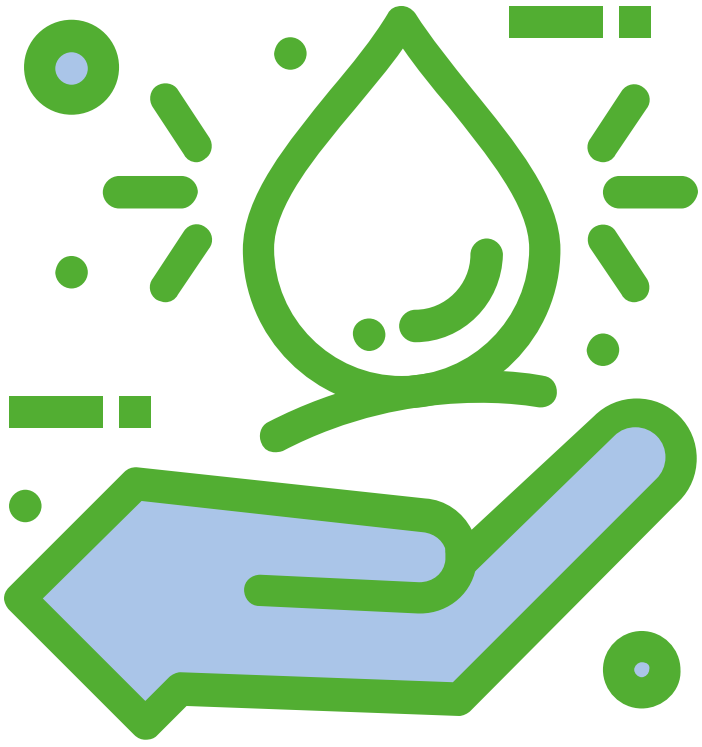
Corrección de textos:

Diagramación: Natalia Herrera

Edición integral: Hipertexto - Netizen

Cómo citar este libro: Pinzón Candelario, F. M., García, C. L. y Peralta Mendoza, R. D. (2026). *Buenas prácticas ambientales en infraestructura del agua: Estrategias sostenibles para acueductos, alcantarillado y aseo en Colombia*. Sello Editorial UNAD. DOI PENDIENTE

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons-Atribución-No comercial-Sin Derivadas 4.0 internacional. https://co.creativecommons.org/?page_id=13



Reseña del libro

En un país como Colombia, donde la riqueza hídrica es un tesoro nacional, la infraestructura del agua se convierte en un elemento estratégico fundamental para el desarrollo sostenible. La complejidad geográfica y ambiental de nuestro territorio exige un compromiso profundo con prácticas que no solo garanticen el acceso al agua, sino que también preserven los ecosistemas que la sostienen.

Esta obra surge de la necesidad imperante de transformar la manera como concebimos y ejecutamos proyectos de acueducto, alcantarillado y aseo. No se trata únicamente de construir infraestructura, sino también de hacerlo con una visión integral que comprenda el delicado equilibrio entre las necesidades humanas y los sistemas naturales.

El agua representa más que un recurso: es la esencia misma de la vida. En Colombia, donde convergen diferentes pisos térmicos, biomas, cuencas hidrográficas y ecosistemas estratégicos, cada decisión en torno a su manejo tiene repercusiones profundas. Los proyectos de infraestructura hídrica no pueden seguir siendo intervenciones aisladas, sino verdaderas estrategias de conservación y desarrollo sostenible.

Esta propuesta busca establecer un nuevo paradigma en la gestión del agua. Un paradigma en el que la sostenibilidad ambiental no sea un concepto abstracto, sino una práctica concreta y medible. Donde cada tubo instalado, cada metro de alcantarillado construido, representa no solo un avance en cobertura, sino un compromiso real con la preservación de nuestros recursos naturales.

Los profesionales del sector –ingenieros, ambientalistas, gestores públicos– tienen hoy una responsabilidad histórica. Ya no basta con cumplir normativas o ejecutar proyectos bajo parámetros tradicionales, se requiere una visión transformadora que integre criterios ambientales en cada etapa de estudio, diseño, construcción y operación.

La realidad colombiana nos presenta desafíos complejos: cambio climático, crecimiento poblacional, diversidad geográfica y fragilidad de algunos ecosistemas. Cada uno de estos elementos demanda soluciones innovadoras y adaptativas. No existe un modelo único, sino estrategias flexibles que se ajusten a las particularidades de cada contexto regional.

Este libro no pretende ser un manual prescriptivo, sino una guía inspiradora. Un documento que comparta conocimientos, mejores prácticas y experiencias concretas. Buscamos motivar a profesionales, comunidades y tomadores de decisiones a repensar la infraestructura del agua como una oportunidad para lograr impactos positivos.

Abordaremos temáticas que van desde el diagnóstico ambiental inicial hasta la evaluación de resultados, pasando por técnicas constructivas sostenibles, manejo de residuos, protección de fuentes hídricas y educación comunitaria. Cada capítulo representa un viaje de aprendizaje y transformación.

Nuestra apuesta es clara: construir infraestructura no es solo resolver problemas inmediatos, sino también sentar las bases de un futuro más resiliente y armónico con nuestro entorno. Un futuro en el que el desarrollo y la conservación no sean conceptos antagónicos, sino complementarios.

Invitamos a todos los lectores a recorrer este camino de conocimiento, reflexión y acción. Porque las buenas prácticas ambientales en infraestructura del agua no son una opción, son una necesidad impostergable para las actuales y futuras generaciones de colombianos.

RESEÑA DE AUTORES

Fanny Pinzón Candelario

Licenciada en biología, especialista en educación ambiental, especialista en gerencia de la seguridad y salud en el trabajo, magíster en Ingeniería Ambiental y doctora en proyectos. Docente investigadora de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Tiene más de 25 años de experiencia en proyectos de gestión ambiental, especialmente del recurso hídrico, proyectos de acueducto, alcantarillado y aseo en pequeñas comunidades, así como en proyectos y programas de conservación.

Cindy Lorena García Pinto

Ingeniera ambiental y sanitaria, especialista en análisis y gestión ambiental, y magíster en ingeniería mecánica. Tiene 17 años de experiencia profesional en diferentes áreas, como residuos sólidos, planes de manejo, normativa ambiental, sistemas integrados de gestión y seguridad industrial. Ha sido docente universitaria desde el 2012 en universidades públicas y privadas; desde el 2019 se encuentra vinculada a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

Raúl David Peralta Mendoza

Ingeniero Sanitario y Ambiental, especialista en Gestión Ambiental y magíster en Derecho del Estado con énfasis en Derecho de los Recursos Naturales con más de nueve años de experiencia en los sectores público y privado liderando proyectos orientados al cumplimiento normativo, la sostenibilidad y la innovación. Así como el asesoramiento técnico en saneamiento, residuos peligrosos, normatividad ambiental. Ha sido docente universitario en la UNAD en programas de pregrado y posgrado, y ha promovido la formación en sostenibilidad, tecnologías 4.0 aplicadas a la gestión y conservación ambiental, residuos peligrosos y normatividad vigente.

Contenido

Introducción 11

CAPÍTULO 1

Diagnóstico general del estado de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado en Colombia 13

1.1 Estructura del mercado y características de los prestadores 15
1.2 Cobertura y acceso en áreas urbanas y rurales 16
1.3 Calidad y continuidad del servicio 21
1.4 Consumo de agua: tendencias y comportamientos 24

CAPÍTULO 2

Licenciamiento y permisos ambientales de obras de acueducto, alcantarillado y aseo 27

2.1 Clasificación de obras relevantes del sector AAA 29
2.2 Consideraciones técnicas y ambientales 30
2.3 Concesiones de agua 37
2.4 Permiso de vertimientos 41

CAPÍTULO 3

Introducción a las buenas prácticas ambientales en infraestructura del acueducto, alcantarillado y aseo 45

CAPÍTULO 4

Planificación y diagnóstico ambiental 59

CAPÍTULO 5

Técnicas de construcción sostenible 79

CAPÍTULO 6

Manejo de residuos y materiales 89

CAPÍTULO 7

Protección de fuentes hídricas 99

7.1. Gobernanza del agua y marco institucional en Colombia 103

CAPÍTULO 8

Monitoreo ambiental 109

8.1 Metodología del monitoreo ambiental en todas las etapas del proyecto 113

CAPÍTULO 9

Educación y sensibilización comunitaria 119

9.1 Sensibilización comunitaria para el monitoreo ambiental 121
9.2 Programas de educación ambiental 124

CAPÍTULO 10

Casos de éxito y lecciones aprendidas 127

CAPÍTULO 11

Limitaciones institucionales y condiciones de gestión del agua en Colombia 137

CAPÍTULO 12

Introducción a las fichas de manejo ambiental para proyectos de acueducto, alcantarillado y aseo 143

Referencias 185

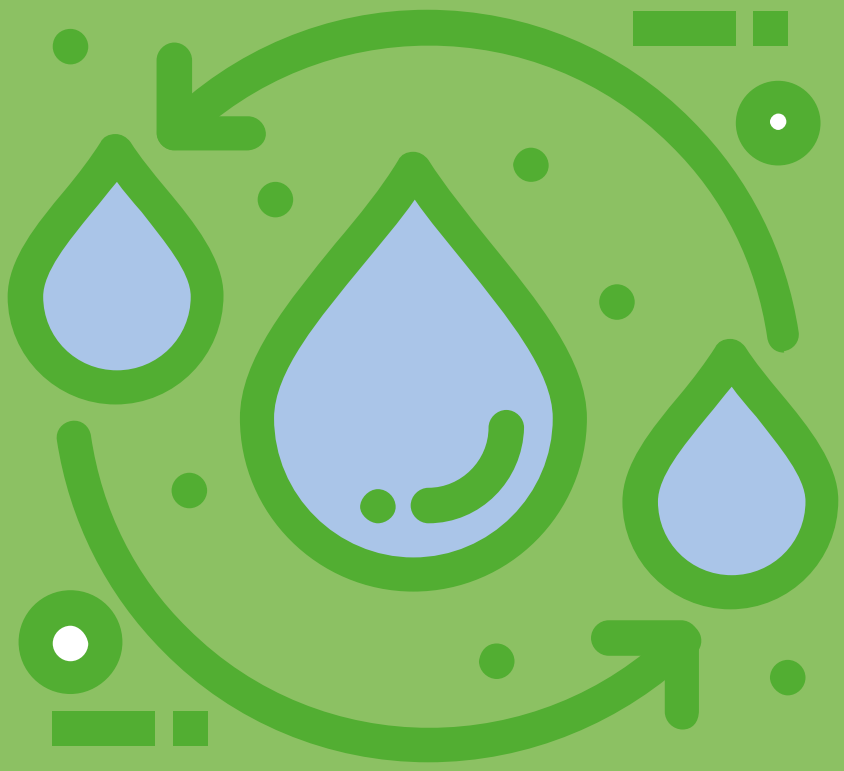
Introducción

- El acceso a servicios de agua potable, saneamiento básico y gestión de residuos sólidos es un pilar esencial para el desarrollo sostenible y la protección de derechos humanos fundamentales. En Colombia, al igual que en muchos otros países de América Latina, los retos que enfrenta la expansión de la infraestructura de acueducto, alcantarillado y aseo van más allá de lo técnico y financiero; también incluyen desafíos ambientales, sociales y territoriales que requieren una planificación responsable y adaptable.

El libro *Buenas Prácticas Ambientales en Infraestructura del agua: estrategias sostenibles para acueductos, alcantarillado y aseo en Colombia* se presenta como una herramienta técnica y educativa destinada a mejorar la gestión ambiental en todas las etapas del ciclo de vida de los proyectos de infraestructura hídrica. Su objetivo es contribuir al diseño, construcción, operación y mantenimiento de sistemas que sean eficientes, resilientes y que se integren de manera armónica con los ecosistemas y las comunidades.

A lo largo de sus capítulos se presentan principios clave de sostenibilidad, se detallan metodologías para el diagnóstico ambiental, se sugieren tecnologías limpias y soluciones basadas en la naturaleza, y se comparten experiencias nacionales que muestran la importancia de integrar el aspecto ambiental desde la planificación hasta la finalización de los proyectos. Además, se incluye el marco normativo actual, las responsabilidades de las instituciones y los mecanismos de participación ciudadana que facilitan el avance hacia una gobernanza hídrica más inclusiva y efectiva.

Este libro está pensado para profesionales del sector, tomadores de decisiones, estudiantes, investigadores y miembros de la comunidad que buscan transformar la gestión del agua y el saneamiento en un motor de conservación, equidad y bienestar colectivo. En un contexto de cambio climático y creciente presión sobre los recursos hídricos, adoptar buenas prácticas ambientales no es solo una opción, sino una necesidad urgente y estratégica para el país.



DIAGNÓSTICO GENERAL DEL ESTADO DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN COLOMBIA

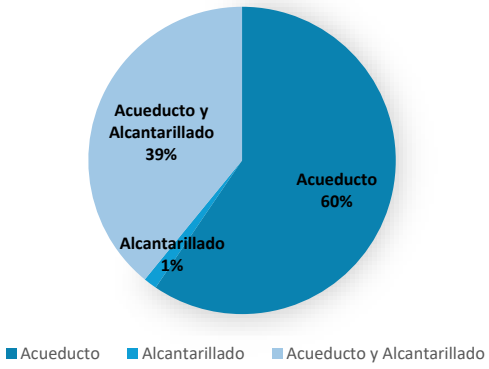
- En el presente apartado se analiza el estado actual del servicio público de acueducto y alcantarillado en Colombia, con base en los hallazgos del Informe Sectorial de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios correspondiente a la vigencia 2023. Este análisis busca ofrecer una visión del desempeño del sector, contextualizando sus principales logros, desafíos estructurales y oportunidades de mejora desde un enfoque técnico y territorial.

1.1 Estructura del mercado y características de los prestadores

- El ecosistema institucional que sostiene la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado en Colombia se compone de una diversidad de actores que varían en naturaleza jurídica, cobertura geográfica, capacidad operativa y nivel de formalización. Durante la vigencia 2023 se identificaron un total de 2848 prestadores registrados en el RUPS (Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos), los cuales se clasifican en tres grupos principales: quienes ofrecen exclusivamente acueducto (59,5 %), los que prestan solo alcantarillado (1,4 %) y aquellos que atienden ambos servicios (39,1 %), así se puede observar en la figura 1.

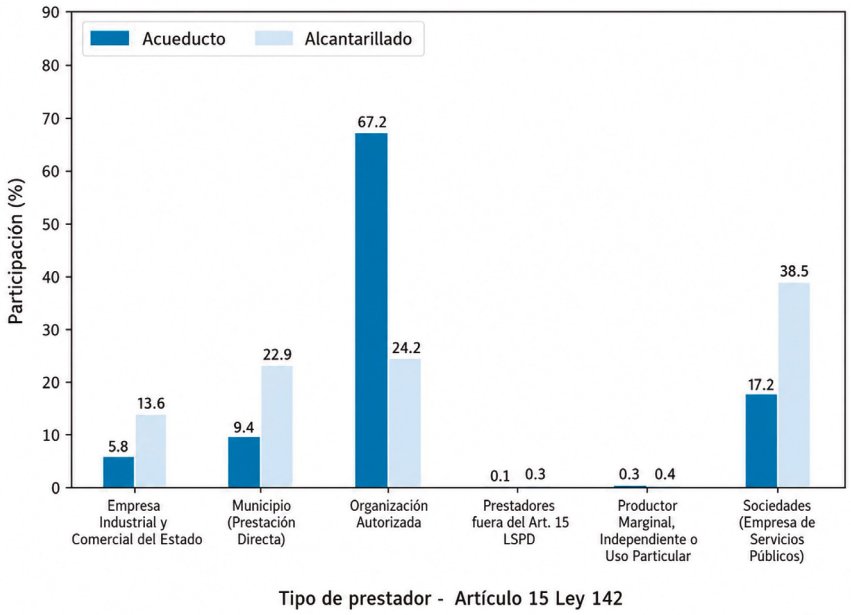
La prestación del servicio se caracteriza por una alta fragmentación, especialmente en áreas rurales y periurbanas donde predominan pequeños operadores comunitarios o de tipo informal. Las organizaciones autorizadas representan el mayor porcentaje en acueducto (67,2 %), seguidas por las empresas públicas mixtas y privadas. En el servicio de alcantarillado la mayor participación en la prestación del servicio corresponde a sociedades (empresas de servicios públicos) con el 38,5 % (ver figura 2).

Figura 1. Distribución porcentual de los servicios prestados



Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Sistema Único de Información (SUI)(2023)

Figura 2. Distribución de los prestadores por tipo a nivel nacional (rural y urbano)



Fuente: SUI (2023).

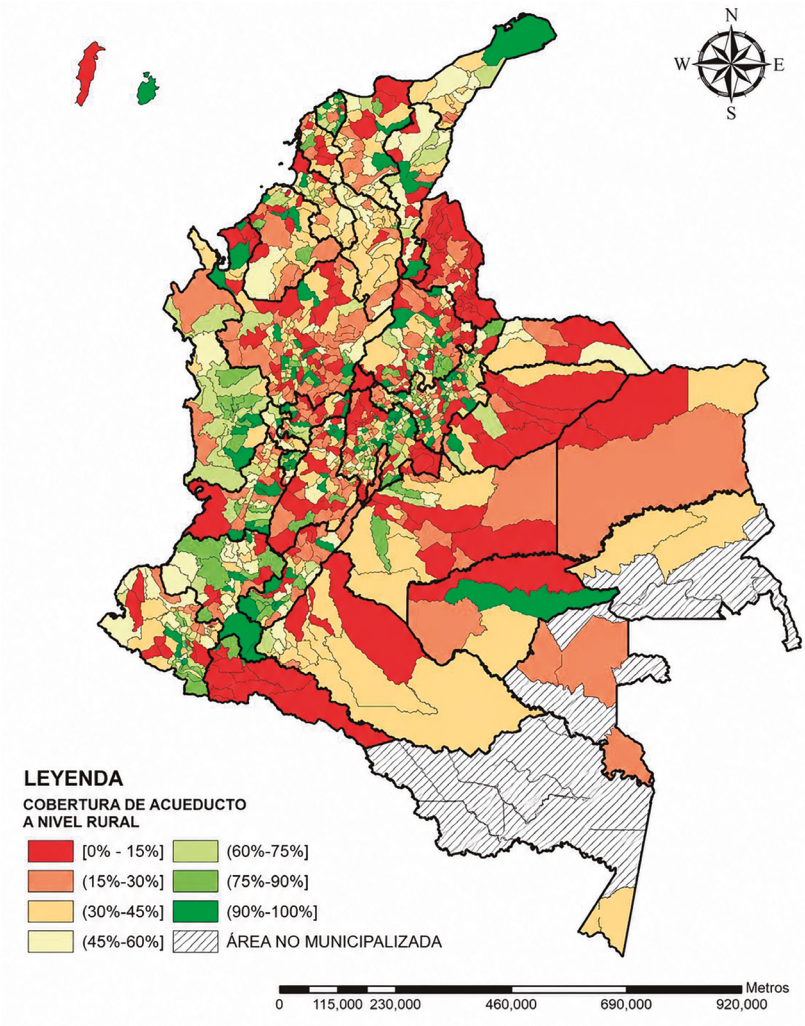
- Este patrón refleja una descentralización normativa y operativa que responde a realidades territoriales heterogéneas. Aunque esta diversidad permite una mayor capilaridad institucional, también supone retos significativos en materia de calidad del servicio, sostenibilidad financiera y cumplimiento regulatorio.

1.2 Cobertura y acceso en áreas urbanas y rurales

- La cobertura de los servicios de acueducto y alcantarillado es un indicador clave para comprender la equidad territorial y la efectividad de la política pública en el sector de agua potable y saneamiento básico. Durante 2023, la cobertura urbana del servicio de acueducto superó el 90 % en 668 municipios, lo cual refleja un avance sostenido en las zonas de mayor densidad poblacional. Sin embargo, persisten rezagos críticos en regiones como el Chocó, el Amazonas y la Guajira, como se puede observar en el mapa de la figura 3. En contraste, el panorama rural continúa siendo preocupante: el 36,26 % de los municipios tiene una cobertura menor al 30 %, y solo el 11,87 % alcanza una cobertura superior al 90 %. Esta situación responde tanto a factores geográficos como institucionales. La dispersión poblacional, la baja rentabilidad para prestadores y la escasa inversión estatal dificultan la expansión de redes en zonas rurales, como se puede observar en el mapa de la figura 4.

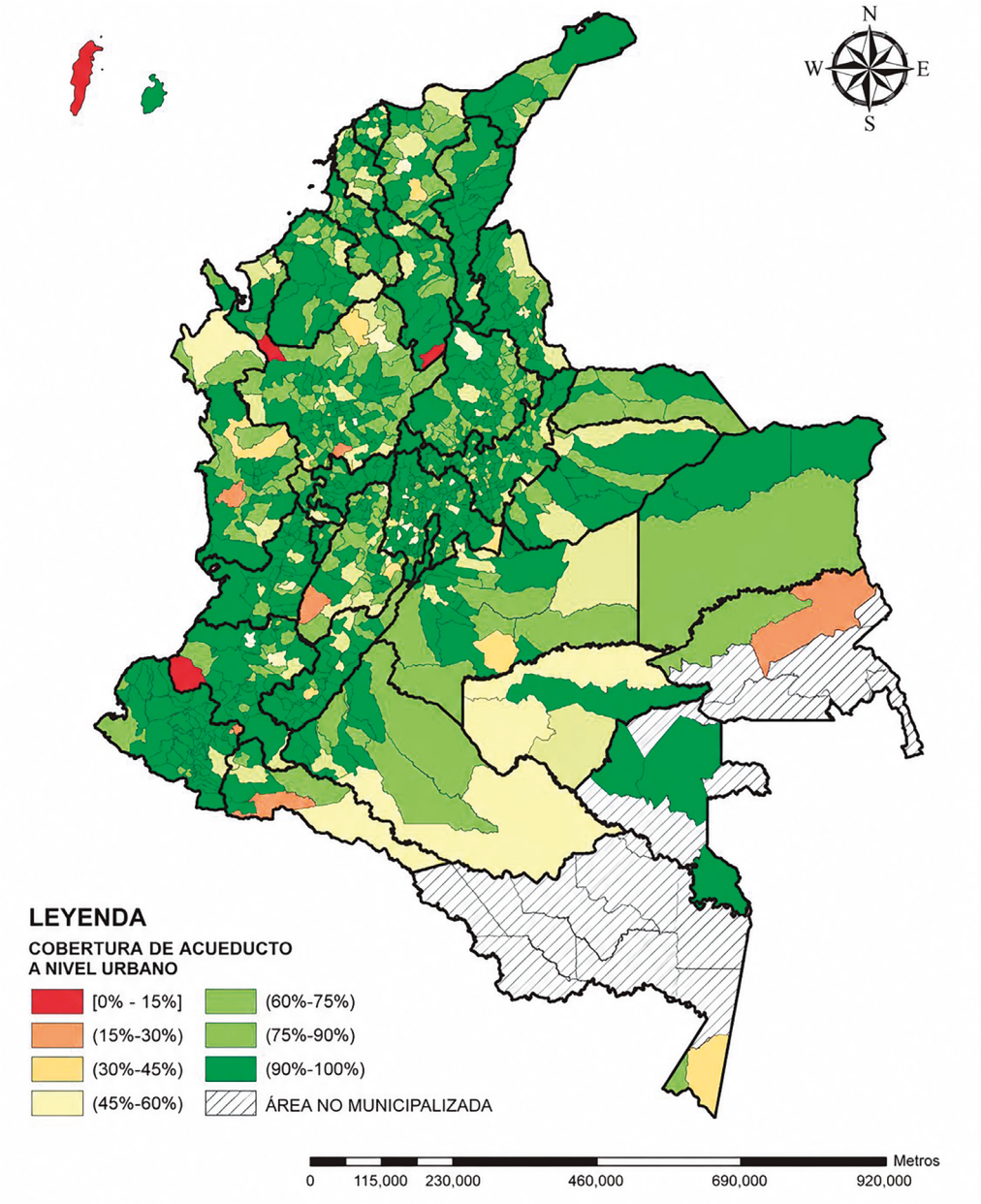
En cuanto al alcantarillado, en la zona urbana, 514 municipios presentan una cobertura entre el 90 % y 100 % (color verde oscuro en el mapa), mientras que nueve municipios presentan coberturas menores o iguales al 15 %, y en capitales como Quibdó, San Andrés, Leticia, Puerto Inírida y San José del Guaviare presentan coberturas urbanas menores al 50 % (ver figura 5).

Figura 3. Mapa cobertura del acueducto a nivel rural



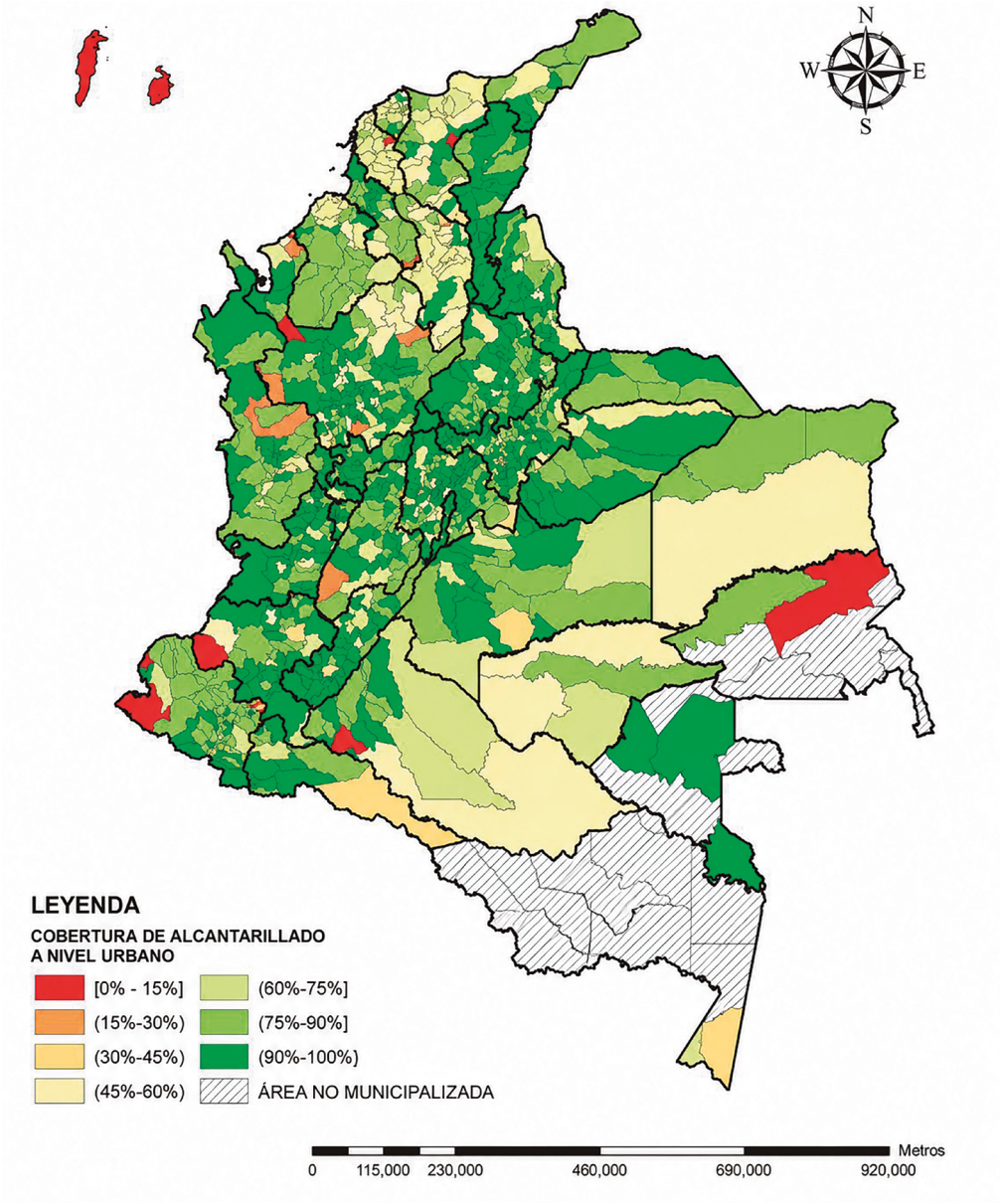
Fuente: Informe sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado (2023).

Figura 4. Mapa cobertura del acueducto a nivel urbano



Fuente: Informe sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado (2023).

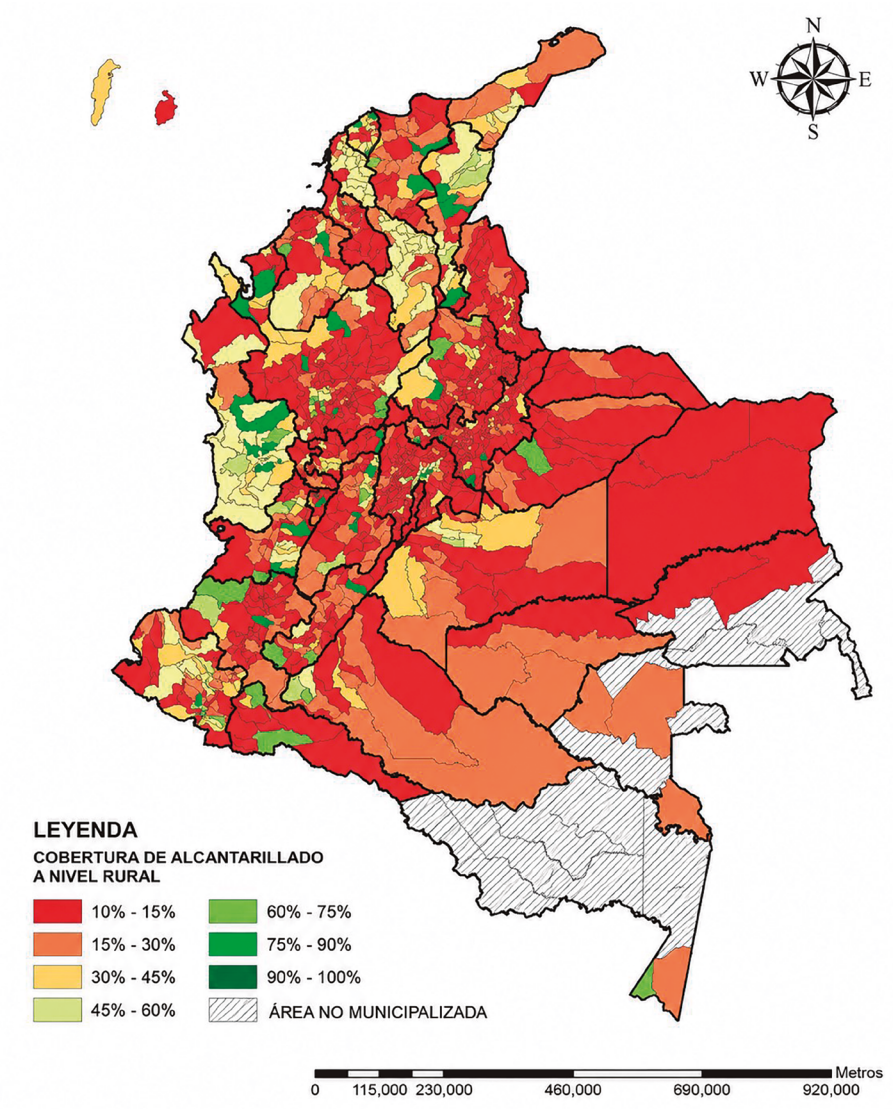
Figura 5. Cobertura urbana del servicio de alcantarillado



Fuente: Informe sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado (2023).

- En cuanto a la zona urbana, los déficits son aún más agudos. El 73,5 % de los municipios rurales tiene una cobertura inferior al 30 %, lo que se traduce en impactos negativos sobre la salud pública y el medio ambiente. Superar esta brecha exige enfoques diferenciales que reconozcan las particularidades socioculturales y biofísicas de los territorios, así como el fortalecimiento de modelos de prestación comunitaria y tecnologías descentralizadas; la figura 6 muestra el mapa de distribución nacional.

Figura 6. Cobertura rural del servicio de alcantarillado



Fuente: Informe sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado (2023).

1.3 Calidad y continuidad del servicio

La calidad del servicio de acueducto se mide mediante el Índice de Continuidad (IC) y del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA). El IC promedio nacional fue de 22,84 horas/día en 2023, lo que representa una mejora frente a la vigencia anterior. Sin embargo, este promedio oculta desigualdades importantes: mientras algunas capitales gozan de suministro continuo, muchos municipios rurales no superan las 10 horas diarias, razón por la cual se clasifican como insuficientes, según la Resolución 2115 de 2007. En la tabla 1 se puede observar la clasificación de este índice.

Tabla 1. Clasificación para el índice de continuidad de los prestadores que suministran o distribuyen agua para consumo humano

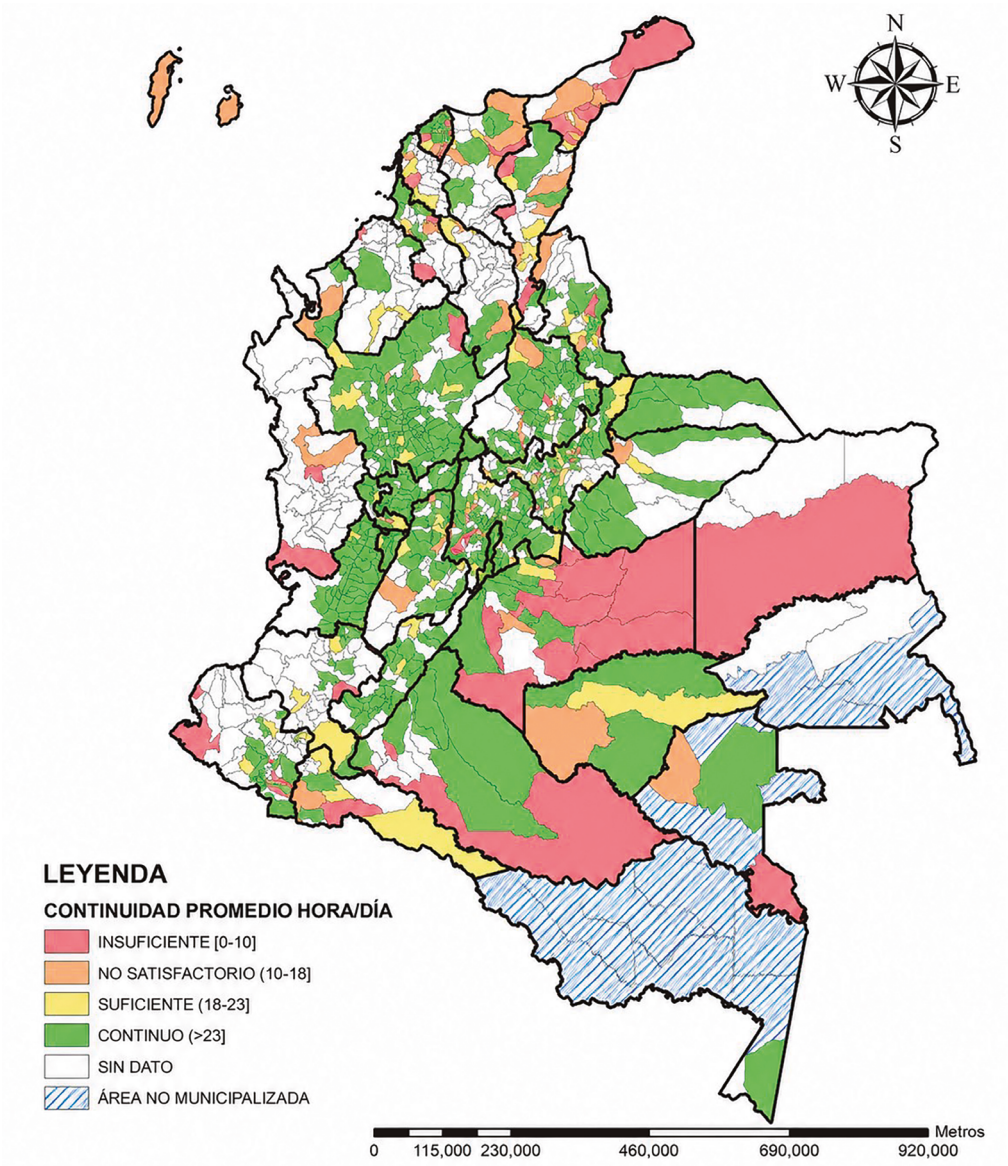
Continuidad del servicio	IC Clasificación
0-10 horas/día	Insuficiente
10,1-18 horas/día no satisfactorio	No satisfactorio
18,1-23 horas/día	Suficiente
23,1-24 horas/día	Continuo

Fuente: Informe sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado (2023).

El Índice de Continuidad (IC) correspondiente al 2023 se presenta como el número promedio de horas al día en las que un suscriptor recibe suministro de agua (horas/día), lo que a su vez puede expresarse como el porcentaje del tiempo en que el servicio está disponible. La clasificación del IC se realiza conforme a los criterios establecidos en la Resolución 2115 de 2007, y los datos se encuentran desagregados por prestador, departamento y municipio, tal como se ilustra en el mapa de la figura 7.

- Respecto al IRCA, en zonas urbanas, el 58,6 % de los municipios presentó agua apta para el consumo humano, mientras que en zonas rurales solo el 13,5 % alcanzó este estándar. La deficiente calidad del agua en áreas rurales obedece, entre otros factores, a la falta de tratamiento, deficiencias en la infraestructura, ausencia de vigilancia sanitaria y debilidades en los procesos operativos de los prestadores comunitarios. La continuidad y la calidad del agua son elementos fundamentales para la garantía del derecho humano al agua, y deben estar en el centro de las estrategias de fortalecimiento institucional, inversión pública y acompañamiento técnico a los operadores más vulnerables.

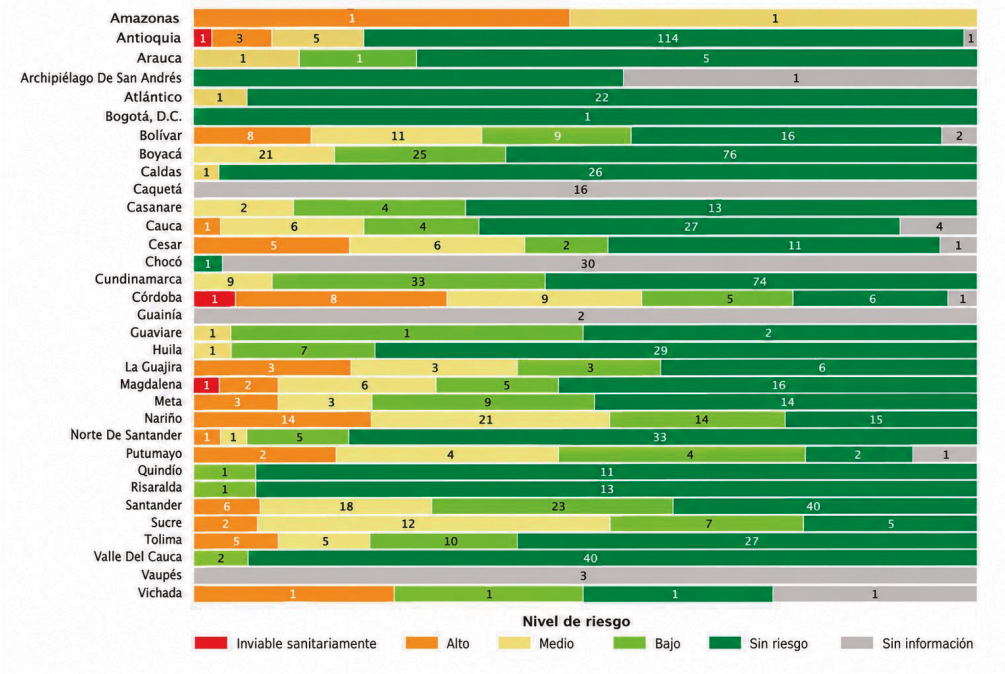
Figura 7. Distribución municipal – Continuidad



Fuente: Informe Sectorial de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado (2023).

La figura 8 presenta los resultados del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) en la zona urbana, clasificados por departamento para la vigencia 2023. Estos datos se derivan de un proceso de depuración y análisis de las muestras reportadas al sistema SIVICAP por las autoridades sanitarias en 1104 municipios. Los niveles de riesgo identificados abarcan desde “Sin riesgo” hasta “Inviable sanitariamente”, es decir, reflejan la variabilidad en la calidad del agua distribuida en el territorio nacional.

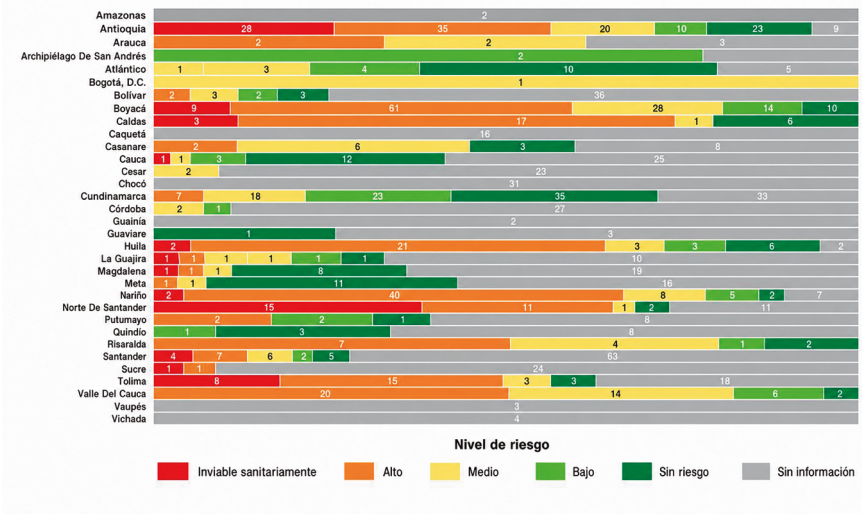
Figura 8. IRCA municipal (zona urbana) agrupado por departamento



Fuente: Informe sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado (2023).

- En cuanto a la zona rural el IRCA, los resultados obtenidos en términos de nivel de riesgo varían entre “Sin riesgo” e “Inviable sanitariamente” (ver figura 9).

Figura 9. IRCA municipal (zona rural) agrupado por departamento



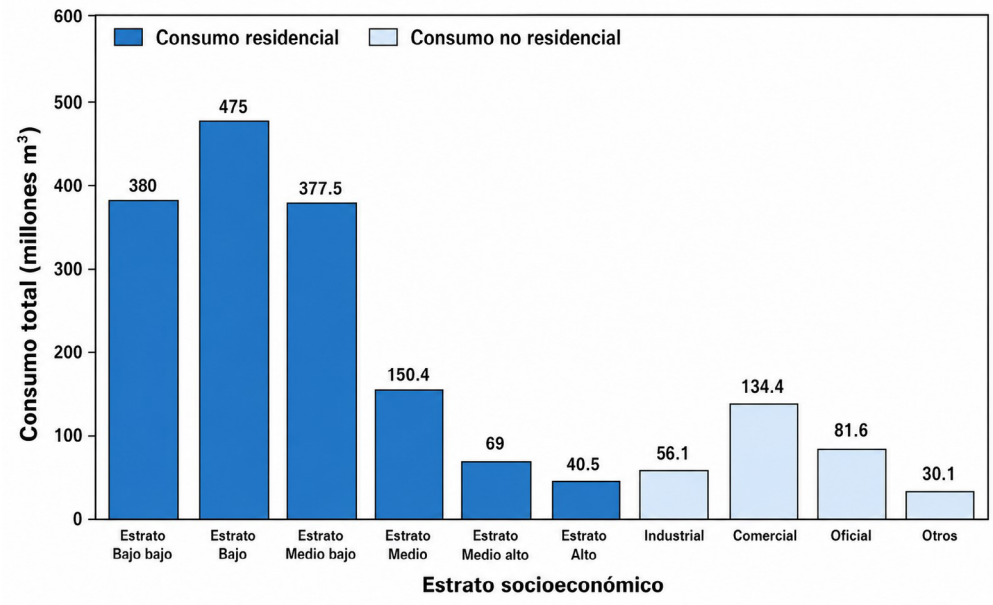
Fuente: Informe sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado (2023).

1.4 Consumo de agua: tendencias y comportamientos

- Durante la vigencia 2023 se reportó un consumo total de 1834 millones de metros cúbicos de agua. El consumo promedio por suscriptor residencial fue de 11,3 m^3/mes, lo que representa una tendencia decreciente si se compara con los años 2020 (12,07 m^3) y 2021 (11,7 m^3), aunque estuvo por encima del promedio de 2022 (10,9 m^3). Esta reducción puede explicarse por la implementación de políticas tarifarias más racionales, mejoras en los sistemas de medición y una creciente conciencia sobre el ahorro del recurso hídrico.

Al analizar el consumo por estrato, se observa que los hogares de estrato 2 registran los valores más altos, seguidos por el estrato 1, lo cual puede relacionarse con el tamaño del hogar y el acceso a subsidios. En los estratos altos (5 y 6), aunque los consumos unitarios pueden ser más elevados, la participación en el total nacional es menor (ver figura 10). En el caso de los usos no residenciales, el consumo varía según la actividad económica; el sector comercial se destaca como uno de los más demandantes. Comprender estas dinámicas permite a los prestadores planificar con mayor precisión la oferta del servicio, definir estrategias de eficiencia hídrica y establecer mecanismos de control y monitoreo más efectivos.

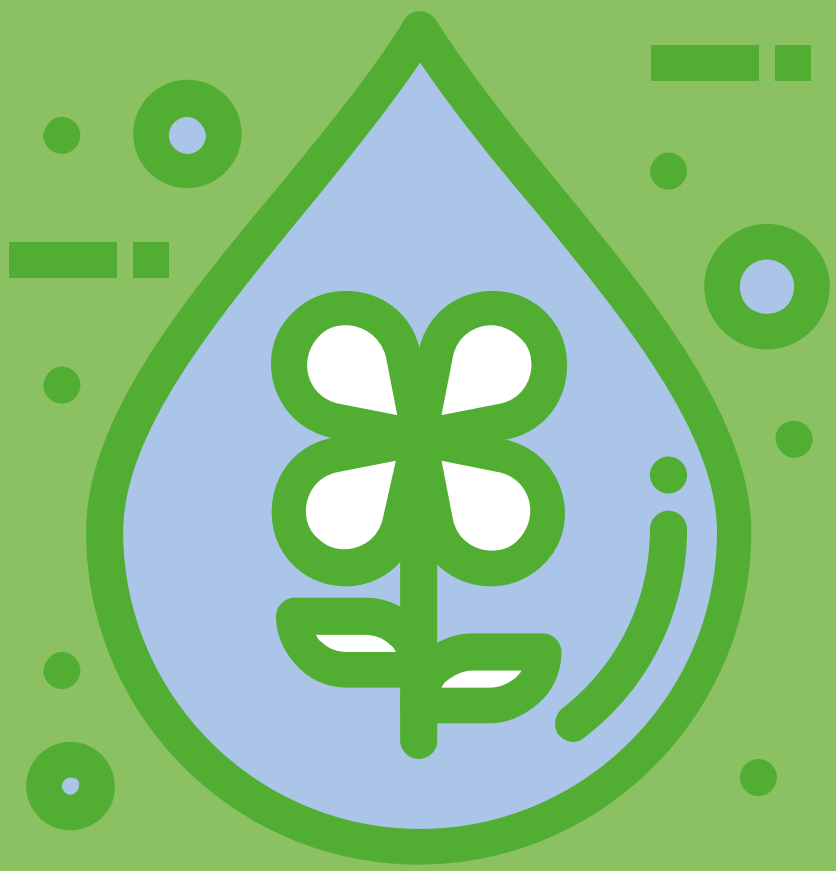
Figura 10. Consumo total por clases de uso



Fuente: Informe sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado (2023).

Teniendo en cuenta, el análisis del sector, el país enfrenta todavía retos importantes frente a la cobertura, calidad y continuidad de estos servicios. Por lo tanto, es importante la planificación de nuevas obras de infraestructura que permitan el cierre de brechas, especialmente entre la zona rural y la urbana, pero que sean pensadas de manera holística, de manera que las comunidades tengan un papel protagónico y el componente ambiental social juegue un papel primordial.

Al analizar el consumo por estrato, se observa que los hogares de estrato 2 registran los valores más altos, seguidos por el estrato 1, lo cual puede relacionarse con el tamaño del hogar y el acceso a subsidios.



LICENCIAMIENTO Y PERMISOS AMBIENTALES DE OBRAS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO

- El Decreto 2041 de 2014, expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, reglamenta el procedimiento para el otorgamiento de la Licencia Ambiental en Colombia, en reemplazo del anterior Decreto 2820 de 2010. Este nuevo marco normativo introduce precisiones en la identificación, clasificación y requisitos de los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental, incluyendo aquellos relacionados con los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo.

Dentro de este marco, el artículo 2 del decreto define la licencia ambiental como el instrumento que autoriza la ejecución de proyectos que puedan ocasionar deterioro significativo al ambiente, incluyendo el uso, aprovechamiento o afectación de recursos naturales renovables. En el caso específico del sector agua potable y saneamiento básico, el Decreto 2041 de 2014 mantiene y precisa los criterios para determinar cuándo las obras requieren licencia ambiental.

2.1 Clasificación de obras relevantes del sector AAA

Las obras de acueducto, alcantarillado y aseo que están sujetas a licencia ambiental son aquellas que, por su magnitud, localización o naturaleza, causan impactos ambientales significativos. Según el artículo 3 y el Anexo I del decreto, las actividades sujetas al trámite de licenciamiento incluyen:

» Construcción de presas, represas o embalses con capacidad superior a 10 millones de metros cúbicos de agua.

» Sistemas de tratamiento de aguas residuales que atiendan a poblaciones iguales o superiores a 200000 habitantes.

» Rellenos sanitarios y otras instalaciones de disposición final de residuos sólidos, incluidos los residuos peligrosos.

» Proyectos de trasvase de cuencas con caudales iguales o superiores a 2 m^3/s en época de caudal mínimo.

» Infraestructuras que impliquen la ocupación de Áreas de Especial Manejo Ambiental (AEMA), como Parques Nacionales Naturales, reservas forestales o zonas de humedales RAMSAR.

» Obras que impliquen la relocalización de comunidades humanas o la modificación sustancial del uso del suelo.

Estas actividades, de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015, deben ser tramitadas ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) o la autoridad ambiental competente, dependiendo del tipo, alcance y localización del proyecto.

De acuerdo con lo anterior la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) ha lanzado un Nuevo Modelo de Licenciamiento Ambiental que tiene como objetivo estandarizar los criterios técnicos para evaluar y dar seguimiento a proyectos, obras y actividades que están bajo su responsabilidad.

Este modelo se basa en principios como la rapidez, imparcialidad, objetividad, transparencia y rigor técnico, lo que permite una gestión más eficiente y adaptada a las particularidades regionales y sectoriales del país. La creación de sus herramientas se ha llevado a cabo mediante un proceso participativo que involucra a actores tanto internos como externos, lo que refuerza la gobernanza ambiental. El modelo abarca diferentes etapas del licenciamiento, cada una con flujogramas e instrumentos específicos para su consulta.

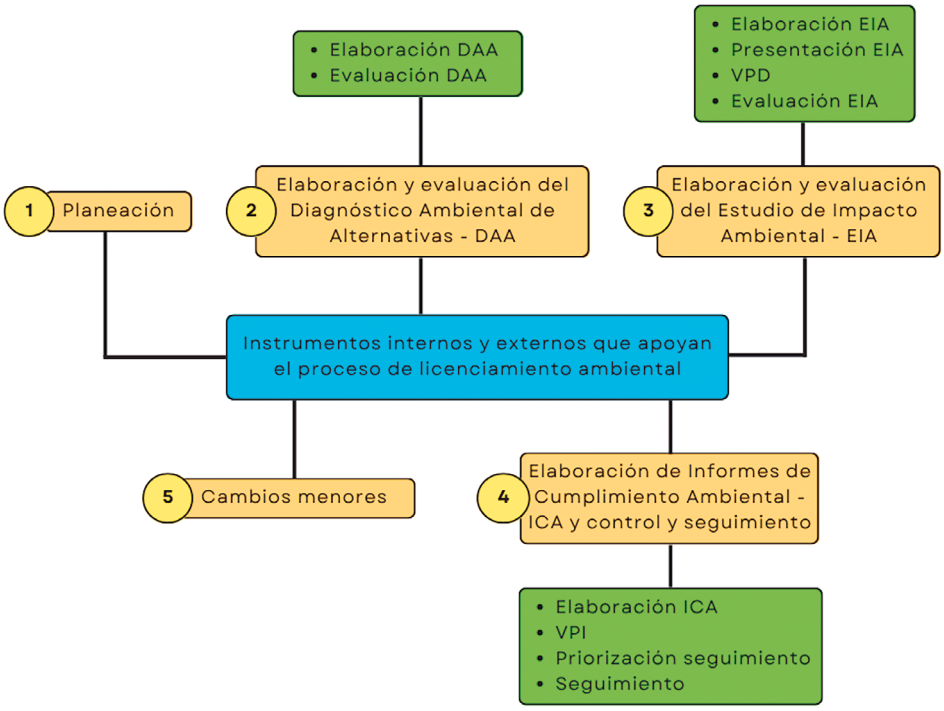
2.2 Consideraciones técnicas y ambientales

Es importante destacar que no todas las obras del sector AAA requieren licencia ambiental. Intervenciones como mantenimientos menores, reposiciones de redes existentes o proyectos ubicados en suelos urbanos consolidados pueden estar exentos del trámite de licenciamiento, aunque sí deben contar con un Plan de Manejo Ambiental (PMA) debidamente estructurado, conforme a lo establecido en el Reglamento Técnico del Sector (RAS 2017) y las guías del Ministerio de Ambiente.

La correcta clasificación del tipo de obra y su impacto asociado es clave para evitar sanciones, garantizar la legalidad del proyecto y propiciar una adecuada integración con el entorno natural y social. Por ello, es responsabilidad del formulador del proyecto y de la interventoría llevar a cabo la evaluación inicial conforme a los lineamientos técnicos y jurídicos establecidos utilizando herramientas como listas de chequeo, estudios de impacto ambiental (EIA) o diagnósticos ambientales de alternativas (DAA), según aplique.

En la figura 11 se presentan las instancias que comprenden el licenciamiento ambiental y los procesos asociados a cada una de ellas en relación con los instrumentos que conforman este modelo.

Figura 11. Instancias del licenciamiento ambiental

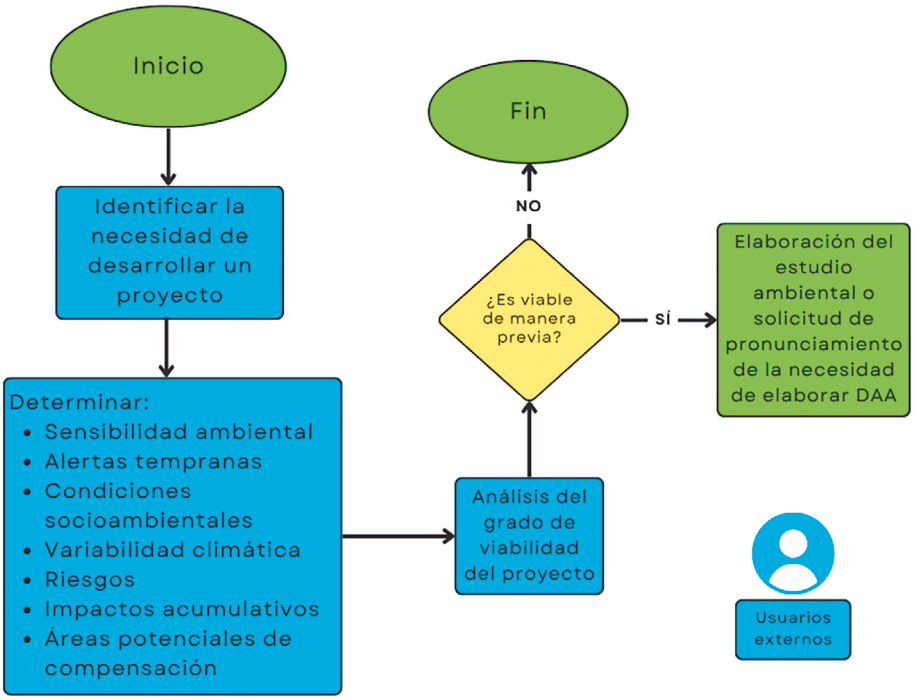


Fuente: adaptado ANLA (2019).

2.2.1 Planificación

- En la planificación del proyecto, además de establecer las acciones y tareas que se adelantarán en todas sus etapas y los recursos que se requerirán, es fundamental detectar primero la sensibilidad ambiental del área, las alertas tempranas, las condiciones socioambientales, la variabilidad del clima, los riesgos implicados, los impactos acumulativos y el estado de las zonas potenciales para compensaciones ambientales, entre otros aspectos. Esto permitirá evaluar previamente la viabilidad del proyecto y la ubicación de las obras y actividades que se llevarán a cabo. Considerando lo mencionado, el usuario facilitará, desde la planificación, la obtención de licencias ambientales de manera más rápida, disminuirá los conflictos socioambientales a lo largo del desarrollo del proyecto y logrará una reducción de costos en cada etapa. En la figura 12 se ilustra el flujo de planificación de un proyecto, obra o actividad (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales [ANLA], 2019).

Figura 12. Planificación de un proyecto

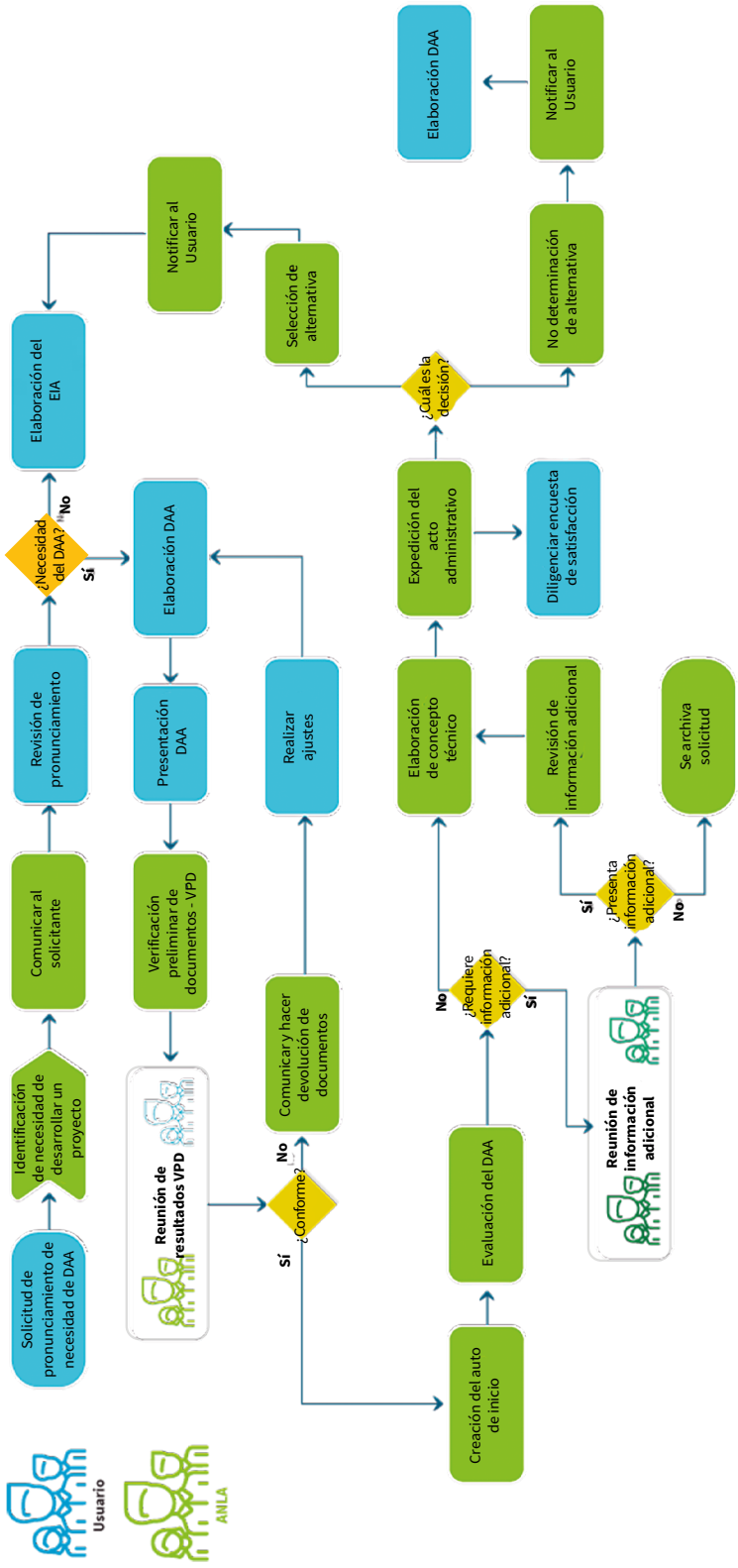


Fuente: adaptado del ANLA (2022).

2.2.2 Elaboración y evaluación DAA

- De acuerdo con el Decreto 1076 de 2015, el diagnóstico ambiental de alternativas (DAA) tiene la finalidad de proporcionar información que ayude a evaluar y comparar las distintas opciones que el solicitante proponga, bajo las cuales se podría llevar a cabo un proyecto, obra o actividad. Las diversas alternativas deben considerar el contexto geográfico, las características bióticas, abióticas y socioeconómicas, así como un análisis comparativo de los efectos y riesgos asociados a la obra o actividad; además de las posibles soluciones y medidas de control y mitigación para cada opción. Esto se hace con el objetivo de ofrecer los elementos necesarios para elegir la alternativa o alternativas que permitan hacer un uso más eficiente de los recursos y evitar o reducir los riesgos, efectos e impactos negativos que pudieran surgir (ANLA, 2019).

Figura 13. Proceso evaluación del diagnóstico ambiental de alternativas (DAA)



Fuente: adaptado de ANLA (2019).

Asimismo, quienes estén interesados en los proyectos, obras o actividades mencionadas en el numeral 2. 2. 2. 3. 4. 2, que para nuestro caso haría referencia a la construcción de presas, represas o embalses, deberán solicitar una resolución de la autoridad ambiental correspondiente sobre si se requiere o no la presentación del DAA. Después de que la autoridad reciba la información del solicitante, procederá a una evaluación ambiental de las alternativas propuestas para el proyecto, para así determinar cuál opción permite un mejor uso de los recursos y evitar o reducir los riesgos e impactos negativos que puedan ocurrir, o bien evaluar la falta de favorabilidad ambiental de las alternativas que presente el solicitante. En la siguiente figura 13 se muestra el proceso para la creación y evaluación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA).

2.2.3 Elaboración y evaluación de impacto ambiental EIA

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es un instrumento fundamental para decidir sobre proyectos que requieren licencia ambiental. Debe elaborarse siguiendo la Metodología General para Estudios Ambientales y los términos de referencia correspondientes, cumpliendo con los requisitos del Decreto 1076 de 2015. La autoridad ambiental evaluará el EIA según los criterios del Manual de Evaluación, con el fin de verificar su pertinencia, suficiencia y el adecuado análisis de impactos. La siguiente figura ilustra el proceso de elaboración y evaluación del EIA (ANLA, 2019).

2.2.4 Análisis de costos y viabilidad económica

- En Colombia cualquier trámite que conlleve al licenciamiento ambiental de un proyecto debe considerar el tema económico de cada actividad a ejecutar. Es por ello por lo que el ANLA ha establecido un documento guía denominado *Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental*, el cual permite a los tramitadores de las licencias ambientales, seguir diferentes metodologías para estimar los costos asociados a las actividades derivadas de la ejecución del proyecto durante su planificación, desarrollo y desmantelamiento. Es decir, este constituye un documento clave para consultar al momento de establecer los mejores escenarios que permitan evitar gastos innecesarios. En la tabla 2 se pueden observar las herramientas económicas propuestas por el documento guía mencionado.

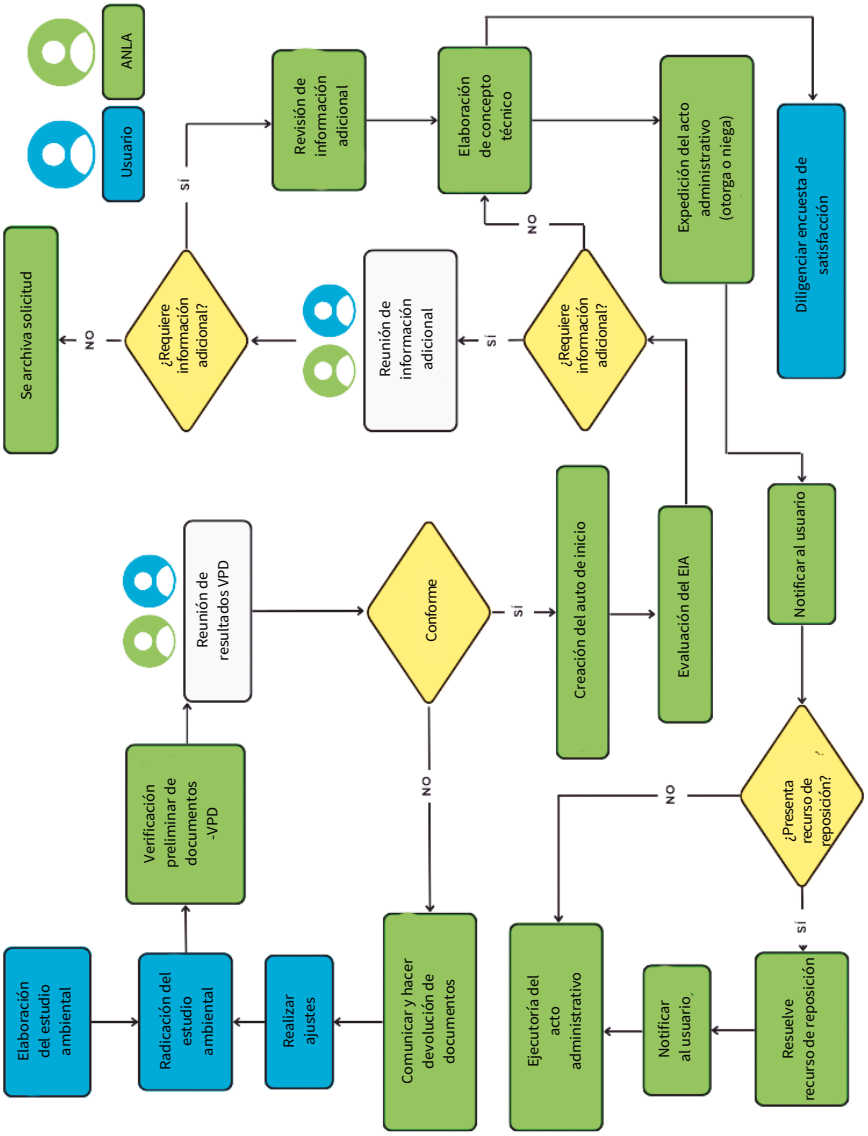


Figura 14. Flujograma EIA para obras que requieren licenciamiento

Fuente: adaptado del ANLA (2022).

Tabla 2. Análisis económicos que se deben llevar a cabo durante el licenciamiento ambiental

Tipo de estudio Ambiental	Análisis económico para la toma de decisiones	Herramienta económica aplicable al análisis	Información que debe entregar el solicitante
Diagnóstico Ambiental de Alternativas	Selección de la alternativa económica y ambientalmente eficiente	Análisis Costo Beneficio - ACB	ACB para selección de alternativas a partir de las valoraciones económicas
Estudio de Impacto Ambiental (Aplica también para los EIA que se presentan para la modificación de una licencia ambiental)	Análisis de la eficiencia de acción de las medidas del PMA que garantizan la internalización de impactos prevenibles y corregibles.	Análisis de internalización	Análisis de internalización de impactos, de acuerdo con lo establecido en este documento.
	Valoración económica de los impactos ambientales que resulten no internalizables dentro del proyecto	Análisis Costo Beneficio - ACB	Análisis Costo Beneficio para evaluar económicamente los impactos agregados del proyecto, obra o actividad

Fuente: ANLA (2017).

2.2.5 Informes del cumplimiento ambiental, control y seguimiento

- Los Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA) deben ser presentados por los titulares de licencias ambientales o planes de manejo, con el fin de demostrar ante la autoridad ambiental el grado de cumplimiento y efectividad de sus compromisos ambientales (ANLA, 2019).

La autoridad ambiental, por su parte, hace control y seguimiento mediante la revisión documental y/o visitas de campo, con el objetivo de:

» Verificar la eficacia de las medidas de manejo ambiental implementadas,

» Exigir el cumplimiento de las condiciones establecidas en la licencia o plan de manejo,

» Evaluar el comportamiento de los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos del entorno,

» Constatar el cumplimiento de los permisos, concesiones o autorizaciones otorgadas,

» Comprobar la aplicación de la normativa ambiental vigente,

» E imponer medidas adicionales si se identifican impactos no previstos.

2.2.6 Cambios menores

- Los cambios menores en los proyectos con licencia ambiental son ajustes que no suponen nuevos impactos ambientales adicionales a los ya evaluados en el estudio de impacto ambiental. Estos pueden estar contemplados en la normativa sectorial —en cuyo caso deben ser informados a la autoridad para su verificación durante el seguimiento— o no estar listados, situación en la que se requiere un pronunciamiento de la autoridad para determinar si efectivamente se trata de un cambio menor (ANLA, 2019).

2.3 Concesiones de agua

- De acuerdo con Minambiente (2025) la concesión de aguas es un permiso que otorga la autoridad ambiental para obtener el derecho al aprovechamiento de las aguas superficiales o subterráneas para fines de:

  1. Abastecimiento doméstico en los casos que requieran derivación.

  2. Riego y silvicultura.

  3. Abastecimiento de abrevaderos cuando se requiera de derivación.

  4. Uso industrial.

  5. Generación térmica o nuclear de electricidad.

  6. Explotación minera y tratamiento de minerales.

7. Explotación petrolera.
8. Inyección para generación geotérmica.
9. Generación hidroeléctrica.
10. Generación cinética directa.
11. Flotación de madera.
12. Transporte de minerales y sustancias tóxicas.
13. Agricultura y pesca.
14. Recreación y deportes.
15. Usos medicinales.
16. Otros usos similares.

- Para el caso de los permisos de concesión de aguas subterráneas se debe solicitar adicionalmente un permiso de prospección y exploración de aguas subterráneas, que incluye la actividad de perforación de prueba en busca de agua subterránea con miras a su posterior aprovechamiento, tanto en terrenos de propiedad privada como en baldíos (Minambiente, 2025)

En la figura 15 se muestra el flujograma general del proceso de la concesión de aguas superficiales y subterráneas cuando no se requiere licenciamiento ambiental.

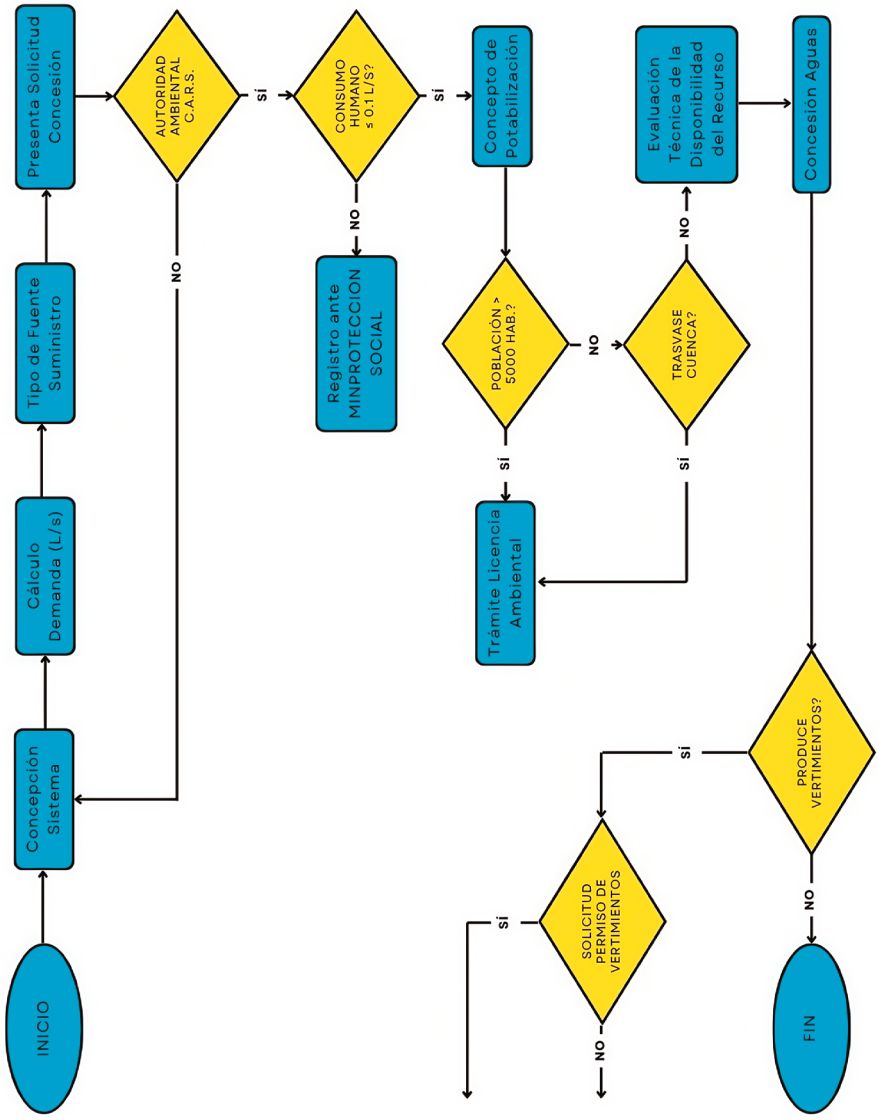
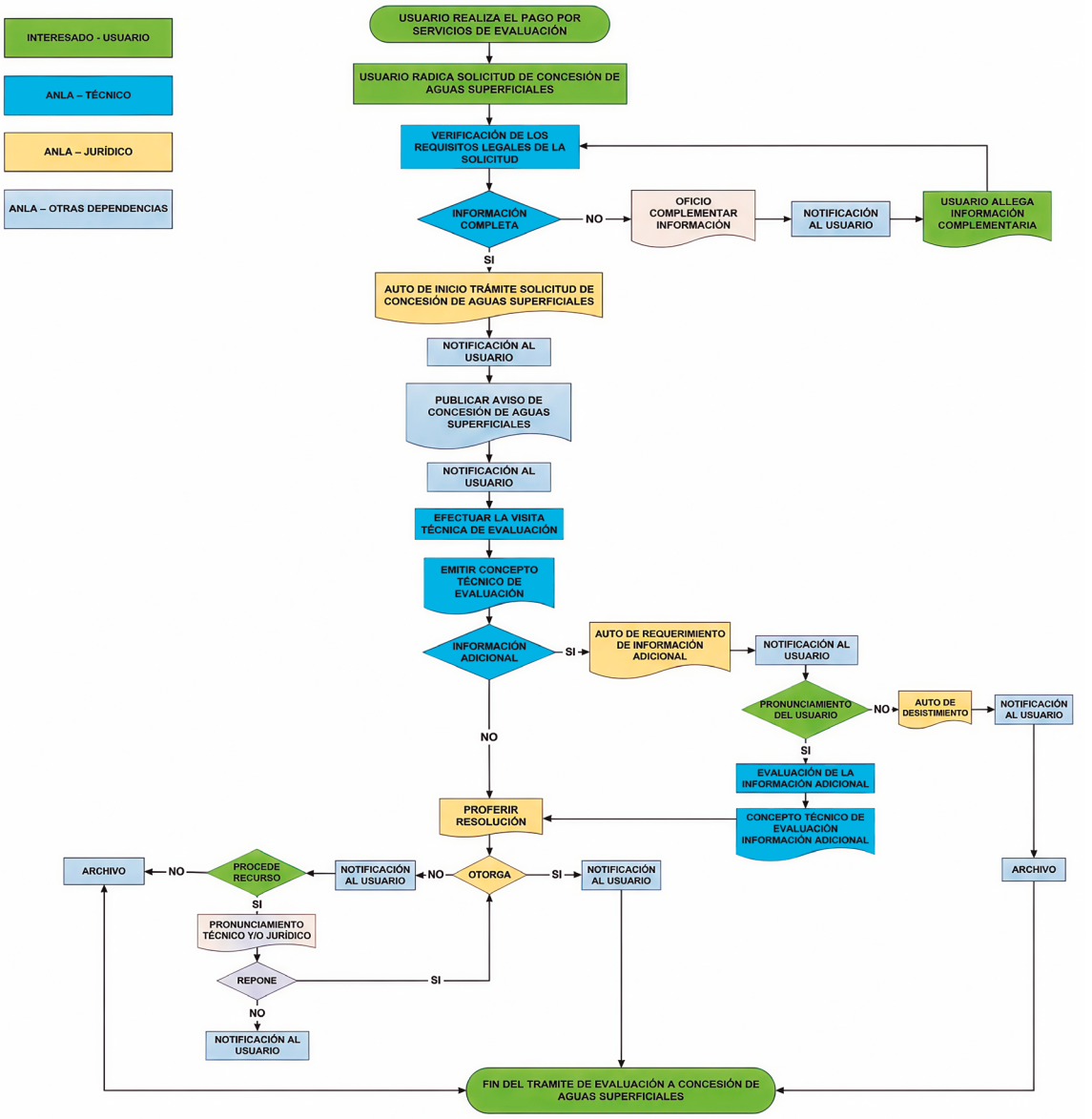


Figura 15. Flujograma Concesión de aguas

Fuente: elaboración propia.

- En la figura 16 se observa el flujograma de la concesión de aguas cuando se requiere licenciamiento ambiental.

Figura 16. Concesión de aguas cuando se requiere licenciamiento ambiental



Fuente: ANLA (2019).

2.4 Permiso de vertimientos

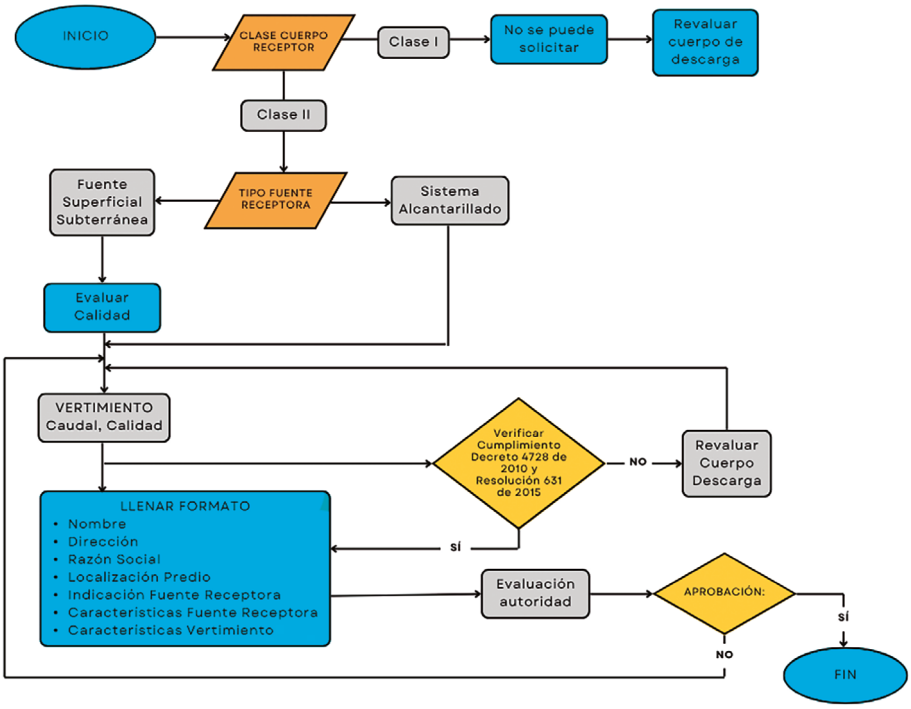
- La CAR (2020) plantea que el permiso de vertimiento es el permiso que otorga la autoridad ambiental a una persona natural o jurídica, cuya actividad o servicio derive en vertimientos a las aguas superficiales, marinas o al suelo asociado a un acuífero, tomando como concepto del vertimiento la descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.

En la figura 17 se muestra el flujograma general del proceso a desarrollar para solicitar el permiso de vertimientos.

Es importante resaltar que contar con los permisos de acuerdo con la normatividad es responsabilidad de la entidad que vierte o proyecta vertimientos, con el fin de evitar:

- Amonestación escrita.
- Decomiso preventivo de productos, elementos, medios o implementos utilizados para cometer la infracción.
- Suspensión de obra o actividad cuando pueda derivarse daño o peligro para el medio ambiente, los recursos naturales, el paisaje o la salud humana o cuando el proyecto, obra o actividad se haya iniciado sin permiso, concesión, autorización o licencia ambiental o ejecutado incumpliendo los términos de estos.
- Al igual que será sujeto del inicio de un procedimiento sancionatorio ambiental, según sea el caso, y consecuentemente la imposición de las siguientes sanciones establecidas en la Ley 1333 de 2009:
- Multas diarias hasta por cinco mil (5000) salarios mínimos mensuales legales vigentes.
- Revocatoria o caducidad de licencia ambiental, autorización, concesión, permiso o registro.
- Demolición de obra a costa del infractor.
- Trabajo comunitario según condiciones establecidas por la autoridad ambiental.

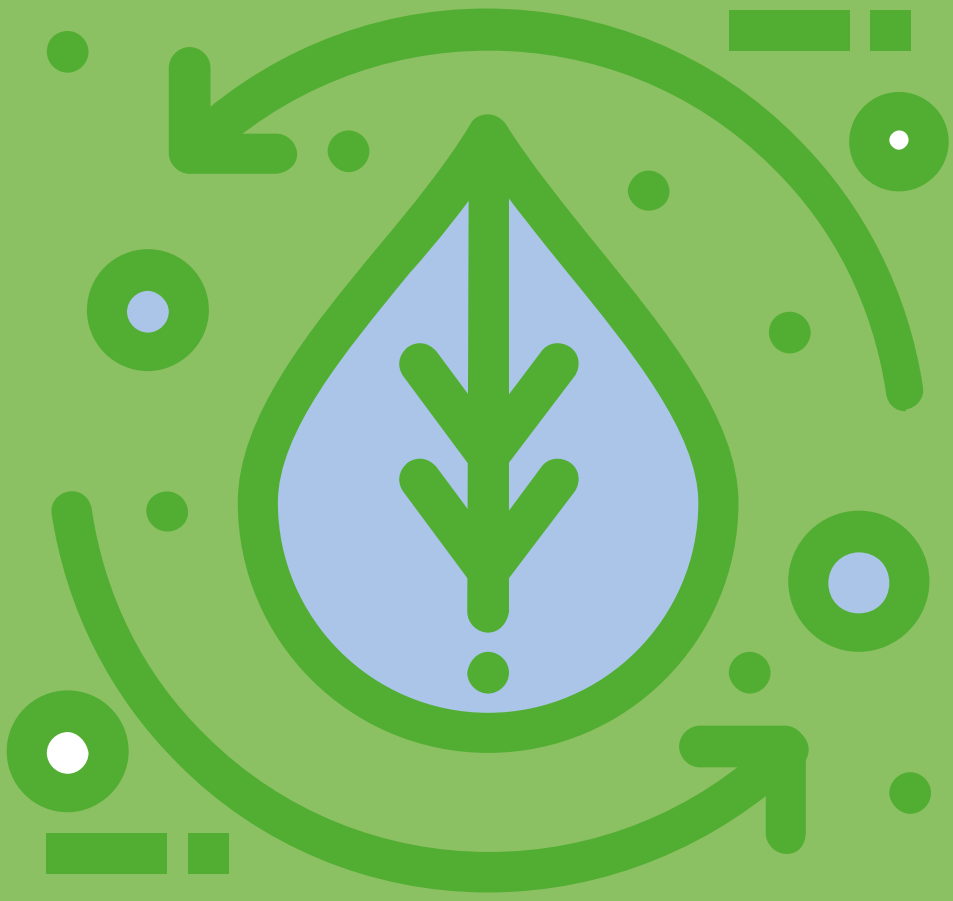
Figura 17. Permiso de vertimientos



Fuente: elaboración propia.

Es importante resaltar que contar con los permisos de acuerdo con la normatividad es responsabilidad de la entidad que vierte o proyecta vertimientos.





INTRODUCCIÓN A LAS BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES EN INFRAESTRUCTURA DEL ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO

- En el contexto de la infraestructura del agua en Colombia, las buenas prácticas ambientales representan mucho más que una simple tendencia contemporánea: constituyen una estrategia fundamental para garantizar la sostenibilidad y protección de nuestros ecosistemas hídricos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2019; Ramírez, 2020). En la figura 18 se puede ver la Planta de tratamiento de aguas residuales PTAR del Salitre que recibe las aguas residuales del norte y centro de la ciudad Bogotá.

Figura 18. PTAR del Salitre



Fuente: Alcaldía de Bogotá (2024).

- El objetivo primordial de implementar estas prácticas radica en crear un modelo de desarrollo que equilibre las necesidades de crecimiento urbano e infraestructura con la conservación de los recursos naturales, especialmente en un país megadiverso como Colombia.

La sostenibilidad se convierte en el eje central de esta transformación, pues cada intervención en acueductos, alcantarillados y sistemas de aseo debe contemplar no solo la eficiencia técnica, sino también el impacto ambiental integral, como se puede ver en la figura 19 (González, 2020). Esto implica una visión holística que considere la preservación de los recursos hídricos, la reducción de la huella ecológica y la promoción de un desarrollo armónico con el entorno natural y social (Sánchez, 2018; Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2022).

Figura 19. Sostenibilidad en infraestructura del AAA

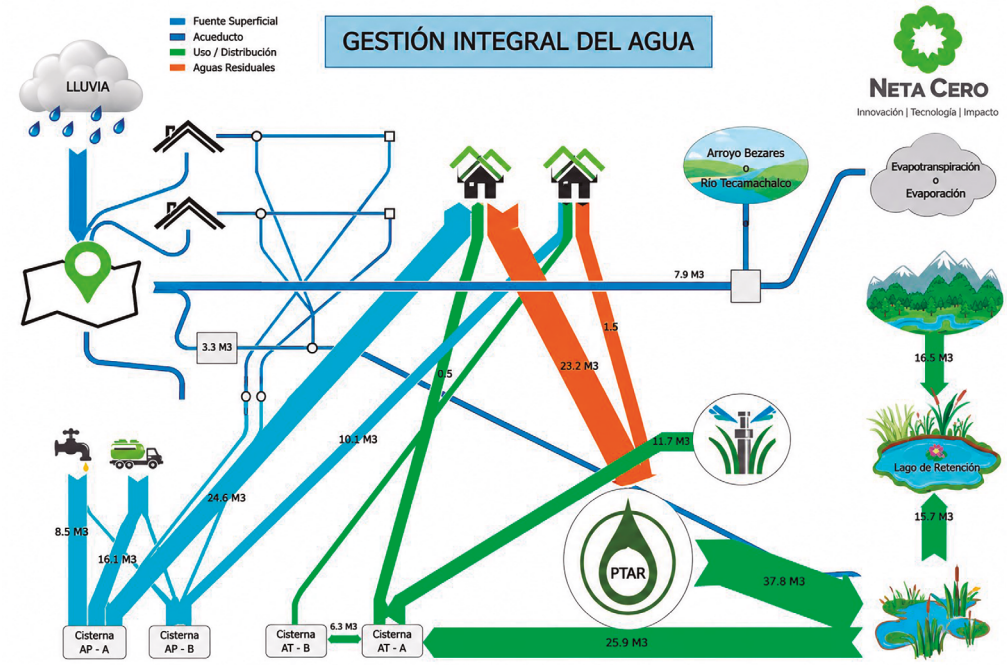


Fuente: Freepik.

- La gestión integral del agua considera el ciclo del agua en su totalidad e integrada a los sistemas y entornos ya sean urbanos o rurales. Incluye el manejo adecuado de las fuentes de agua, el suministro, el tratamiento para consumo humano (filtración, potabilización, purificación); el tratamiento de aguas residuales, la captación y el uso del agua de lluvia, así como una integración a los ciclos hidrológicos naturales a nivel de cuenca o microcuenca, como se puede observar en la figura 20.

- La salud pública emerge como otro objetivo crítico en este proceso. Las buenas prácticas ambientales no solo protegen los ecosistemas, también salvaguardan directamente la salud de las comunidades (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021). Al minimizar la contaminación de fuentes hídricas, gestionar adecuadamente los residuos y promover sistemas de saneamiento más limpios se reducen significativamente los riesgos (ver figura 21) de enfermedades transmitidas por agua contaminada (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2020).

Figura 20. Gestión integral del agua



Fuente: Neta Cero (s. f.).

Figura 21. Contaminación con plásticos de fuentes hídricas



Fuente: Freepik.

- Para Colombia, un país caracterizado por su riqueza hídrica, pero también por desafíos en infraestructura sanitaria, estas prácticas representan una oportunidad estratégica (Benavides, 2020). Implica transformar la tradicional perspectiva extractivista por un modelo regenerativo en el que cada proyecto de infraestructura se conciba como una intervención que no solo satisface necesidades inmediatas, sino que contribuye a la resiliencia ambiental y social (Acosta, 2019).

Los beneficios de esta aproximación son múltiples: desde la optimización de recursos y reducción de costos operativos hasta la generación de empleos verdes y el fortalecimiento de la conciencia ambiental ciudadana. Se trata de comprender que la infraestructura del agua no es un elemento aislado, sino parte de un sistema complejo en el que cada acción tiene consecuencias directas en el equilibrio ecosistémico (MADS, 2021; BID, 2022).

La implementación requiere un compromiso integral de múltiples actores: instituciones gubernamentales, empresas de servicios públicos, comunidades locales, profesionales técnicos y académicos (Ramírez et al., 2019). Cada uno juega un papel fundamental en la construcción de este nuevo paradigma de gestión ambiental. Entre los objetivos específicos se encuentran los presentados en la figura 22, que permiten fortalecer la resiliencia de sistemas hídricos.

Figura 22. Objetivos específicos de sostenibilidad en infraestructura hídrica.



Fuente: elaboración propia.

La visión es crear una transformación estructural en la que las buenas prácticas ambientales dejen de ser una opción y se conviertan en un estándar ineludible en el desarrollo de infraestructura hídrica colombiana (Carrasco, 2018).

El diagnóstico ambiental (ver figura 23) constituye una etapa fundamental en la planificación de proyectos de infraestructura hídrica, y representa la base sobre la cual se construirán estrategias efectivas y sostenibles. En el contexto colombiano, caracterizado por una diversidad ecosistémica única, esta evaluación inicial adquiere una relevancia crítica para garantizar intervenciones responsables en acueductos y alcantarillados (MADS, 2019).

Figura 23. Diagnóstico ambiental



Fuente: Freepik.

- La metodología de diagnóstico ambiental implica un análisis sistemático y multidimensional que comprende diversos componentes estratégicos. En primer lugar, se requiere una caracterización geográfica y ecológica detallada del territorio donde se implementará el proyecto. Este proceso involucra el estudio de variables como tipología de suelos, características hidrológicas, biodiversidad presente, condiciones climáticas y potenciales zonas de fragilidad ambiental (Resolución 0330, 2017), como se observa en la figura 24.

Figura 24. Aspectos para tener en cuenta en la metodología de diagnóstico ambiental



Fuente: elaboración propia.

- Las herramientas técnicas para realizar un diagnóstico efectivo incluyen sistemas de información geográfica (SIG), sensores remotos, cartografía especializada y trabajo de campo exhaustivo (ver figura 25). Dichas metodologías permiten identificar previamente posibles impactos ambientales, facilitan su prevención o mitigación desde las etapas tempranas de planificación.

- Un aspecto crucial es la evaluación de impacto ambiental, que no solo considera elementos físicos, sino también dimensiones sociales y culturales. En Colombia, donde las comunidades locales mantienen una estrecha relación con sus entornos naturales, resulta indispensable incorporar percepciones y conocimientos tradicionales durante el diagnóstico, como lo manifiesta la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI):

Figura 25. Toma de muestras en campo



Fuente: elaboración propia.

La evaluación de impacto ambiental no debe limitarse a los aspectos físicos —abióticos, bióticos y químicos— sino que también debe abarcar las dimensiones sociales, económicas y culturales, ya que las comunidades se benefician de los ecosistemas al tiempo que los moldean con sus saberes y formas de vida. (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia [ANDI], 2018, p. 22)

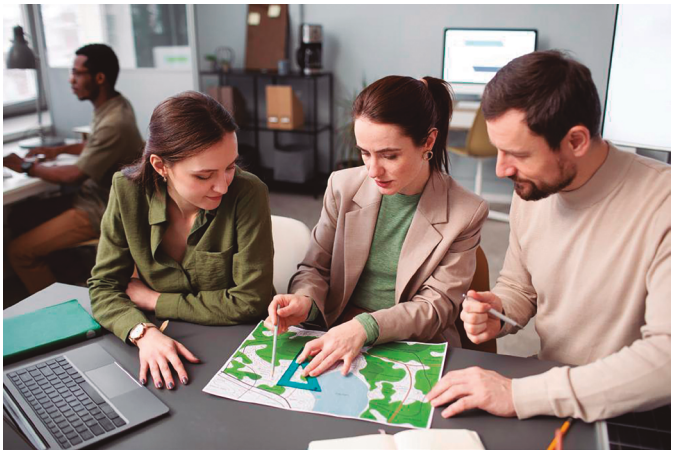
- Por otro lado, en "el capítulo 'Diversidad biocultural' del *Informe Nacional de Ecosistemas* reconoce que la integración del conocimiento indígena y comunitario es fundamental para comprender la interrelación de la biodiversidad y las dinámicas culturales en el país" (McElwee et al., 2020, p. 5)

Finalmente, el diagnóstico ambiental constituye un proceso no estático, sino dinámico y de mejora continua. La retroalimentación permanente, el monitoreo constante y la capacidad de ajuste representan garantías para intervenciones cada vez más sostenibles y armónicas con los entornos naturales.

La fase de planificación subsiguiente al diagnóstico debe estructurarse considerando principios de sostenibilidad. Esto implica diseñar intervenciones que minimicen alteraciones en ecosistemas, preserven la conectividad ecológica y contemplen estrategias de restauración cuando sea necesario. La implementación de tecnologías de bajo impacto y soluciones basadas en la naturaleza constituye un enfoque innovador y prometedor, como lo establece González (2020). Adicionalmente, debe contemplar escenarios de cambio climático considerando proyecciones de alteraciones en patrones hidrológicos, variaciones de temperatura y eventos extremos. Esta visión prospectiva resulta esencial para desarrollar infraestructuras hídricas resilientes y adaptativas.

En la etapa de diseño de sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, es crucial incorporar criterios de sostenibilidad ambiental (ver figura 26), eficiencia en el uso del agua y adaptación al cambio climático. El diseño no solo debe basarse en estudios exhaustivos del entorno físico, social y ecológico, también debe garantizar que las soluciones propuestas respeten la capacidad de carga del territorio y fomenten la resiliencia hídrica de las comunidades. Además, es importante priorizar el uso de tecnologías limpias y materiales con bajo impacto ambiental, así como integrar sistemas de reúso y captación de aguas pluviales en áreas tanto urbanas como rurales (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [UNEP], 2020; Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2021).

Figura 26. Etapa de diseño



Fuente: Freepik.

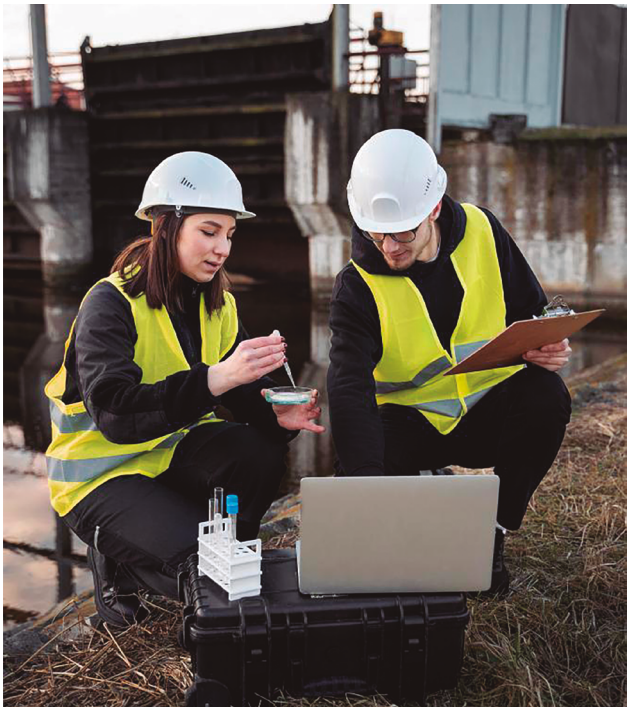
- Adoptar un enfoque preventivo en el diseño ayuda a evitar o reducir impactos negativos en las etapas posteriores del proyecto. Por ejemplo, elegir adecuadamente los trazados, pendientes, materiales y la disposición final de residuos sólidos puede prevenir conflictos con ecosistemas sensibles, disminuir el consumo energético durante la operación y reducir los costos de mantenimiento. La planificación integral, que conecte el diseño con la planificación territorial y la gestión del recurso hídrico, es fundamental para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de las obras (World Bank Group, 2019; MAVDT, 2010).

Cuando se trata de construir infraestructuras como acueductos, alcantarillado y sistemas de aseo, es fundamental contar con un plan de manejo ambiental que aborde gestionar adecuadamente los residuos de construcción, controlar las emisiones de polvo y ruido, y proteger los cuerpos de agua y los suelos, todo esto debe estar incluido en el cronograma de actividades de construcción. Además, la formación continua del personal en buenas prácticas ambientales es clave para mejorar la efectividad de las medidas que se implementan (IDEAM, 2022; Gómez y Torres, 2018).

El monitoreo ambiental (figura 27) durante la ejecución de las obras es esencial para detectar a tiempo cualquier desviación o riesgo que pueda poner en peligro los objetivos de sostenibilidad del proyecto. Estrategias como la revegetación temporal, el uso de barreras para sedimentos y la delimitación de áreas de protección son vitales para conservar los ecosistemas cercanos. También es fundamental la colaboración entre todos los actores del proyecto, incluyendo las comunidades, contratistas y supervisores, para garantizar una ejecución responsable y transparente (Resolución 0799, 2021).

- La fase de operación de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo (ver figura 28) requiere un enfoque integral que combine eficiencia técnica, sostenibilidad ambiental y participación de la comunidad. Es fundamental asegurar la calidad del agua, la continuidad del servicio y el tratamiento adecuado de las aguas residuales, utilizando tecnologías de bajo consumo energético y sistemas de monitoreo que faciliten una gestión proactiva. Además, es crucial establecer planes de mantenimiento preventivo para evitar fallas, reducir pérdidas y prolongar la vida útil de la infraestructura (World Health Organization WHO, 2022).

Figura 27. Monitoreo Ambiental



Fuente: Feepik.

Figura 28. Operación Empresas Públicas de Medellín



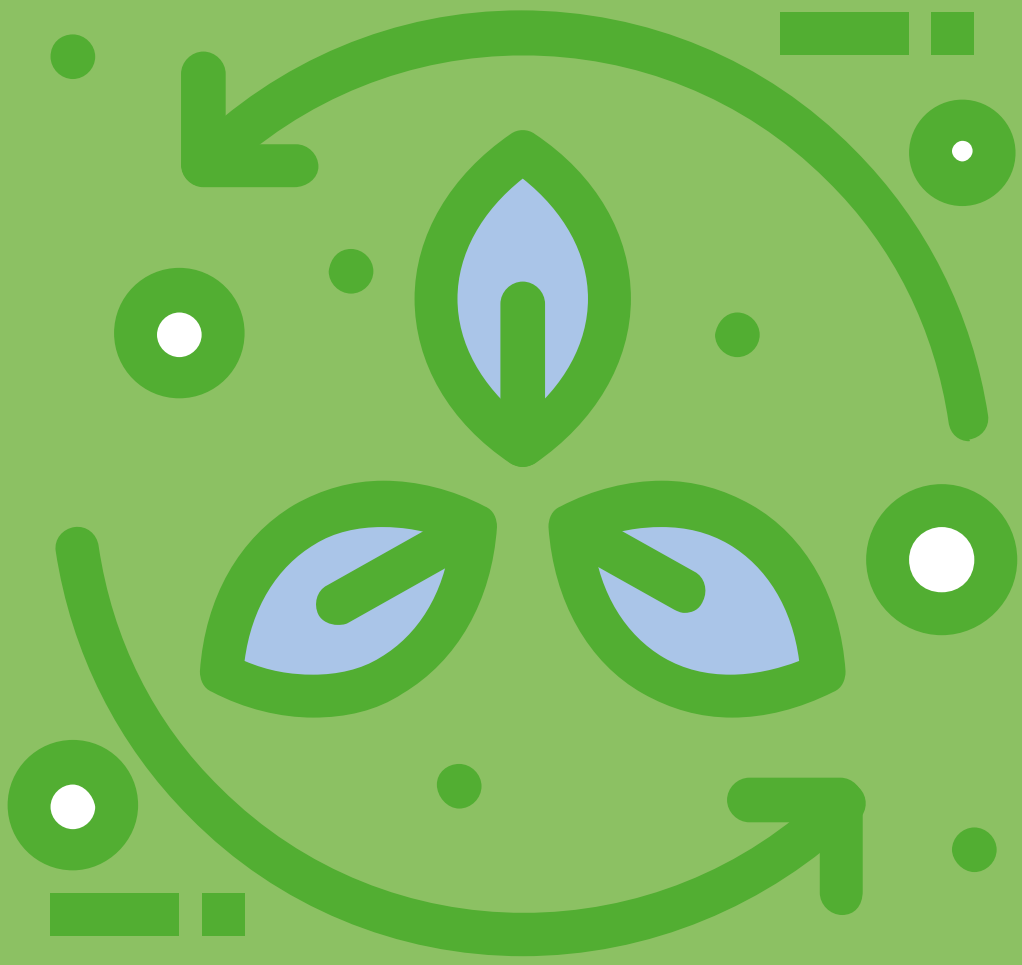
Fuente: EPM (s. f).

- La gestión eficiente del servicio también implica fortalecer las capacidades institucionales y fomentar la educación ambiental en las comunidades que utilizan estos servicios. El uso responsable del agua, la correcta disposición de residuos y la adopción de tecnologías sostenibles por parte de la ciudadanía son elementos clave para la sostenibilidad del sistema.

En este sentido es importante fortalecer los programas que vienen desarrollando los diferentes prestadores del servicio del AAA. Un ejemplo de estos programas es *Cuido el agua, cuido la vida*, de las Empresas Públicas de Medellín (EPM); *Guardianes ambientales y gestión ambiental en humedales* del Acueducto Alcantarillado y aseo de Bogotá o *Plogging Taganga*, por Essmar ESP, en Santa Marta.

Por último, los sistemas deben contar con esquemas de evaluación y mejora continua, respaldados por indicadores de desempeño y sistemas de información confiables (CONPES, 2020; Espinosa y Ramírez, 2019).

El uso responsable del agua, la correcta disposición de residuos y la adopción de tecnologías sostenibles por parte de la ciudadanía son elementos clave para la sostenibilidad del sistema.

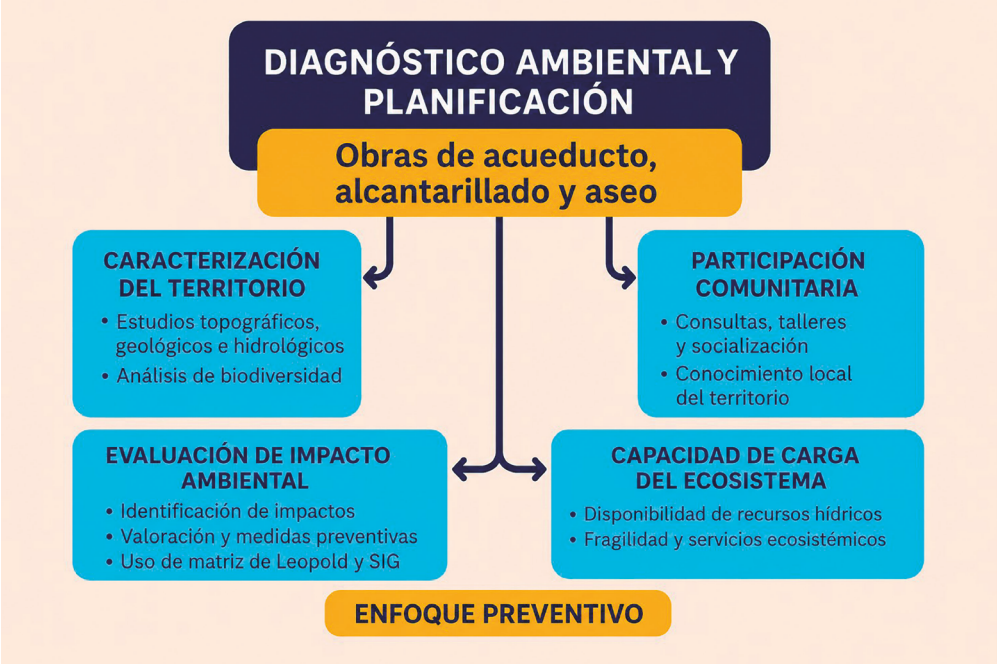


PLANIFICACIÓN Y DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

En el contexto de la infraestructura del agua en Colombia, realizar un diagnóstico ambiental riguroso constituye un paso fundamental para minimizar los impactos negativos de los proyectos de acueducto y alcantarillado. Este proceso implica una evaluación sistemática y multidimensional que permite identificar previamente las potenciales afectaciones al entorno natural y social (Benavides, 2020; MADS, 2019).

Las herramientas de diagnóstico ambiental deben contemplar múltiples dimensiones de análisis, como se puede observar en la figura 29. En primer lugar, se requiere una caracterización geográfica y ecosistémica detallada del territorio donde se implementará el proyecto. Esto comprende estudios topográficos, geológicos, hidrológicos y de biodiversidad que permitan comprender la fragilidad y particularidades del ecosistema receptor (Carrasco, 2018).

Figura 29. Dimensiones para tener en cuenta en el diagnóstico ambiental y la planificación



Fuente: elaboración propia.

- En el ejercicio del diagnóstico ambiental se puede hacer uso de la información dispuesta en el micrositio Centro de Monitoreo de los recursos Naturales de la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), el cual brinda información clave para la evaluación de la viabilidad de proyectos de competencia de la ANLA. Este

centro de monitoreo presenta tres líneas de acción: análisis regional, monitoreo y modelación. Se resalta en la línea de análisis regional, inicialmente el proceso de sensibilidad ambiental regional, que busca evaluar el componente biofísico y socioambiental de los sitios donde se emplazará el proyecto objeto de licenciamiento. Este proceso se lleva a cabo en las etapas mostradas en la figura 30.

Figura 30. Etapa de la sensibilidad ambiental regional

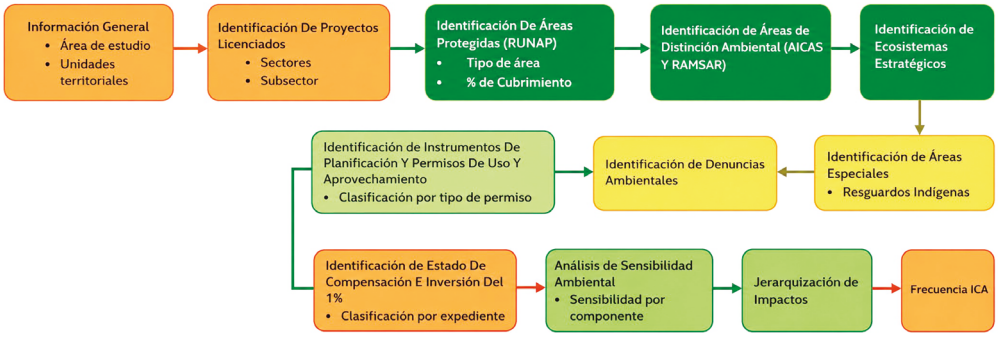


Fuente: ANLA (2022).

- Continúa con el diagnóstico de condiciones socioambientales (figura 31), el cual recaba informaciones tendientes a evaluar y comparar las dinámicas ambientales, el estado de los impactos acumulativos de acuerdo con el uso y estado del suelo y a las características sociales existentes en la región de estudio e identificar los posibles conflictos por obras, actividades o proyectos presentes en la zona de estudio (ANLA, 2022).

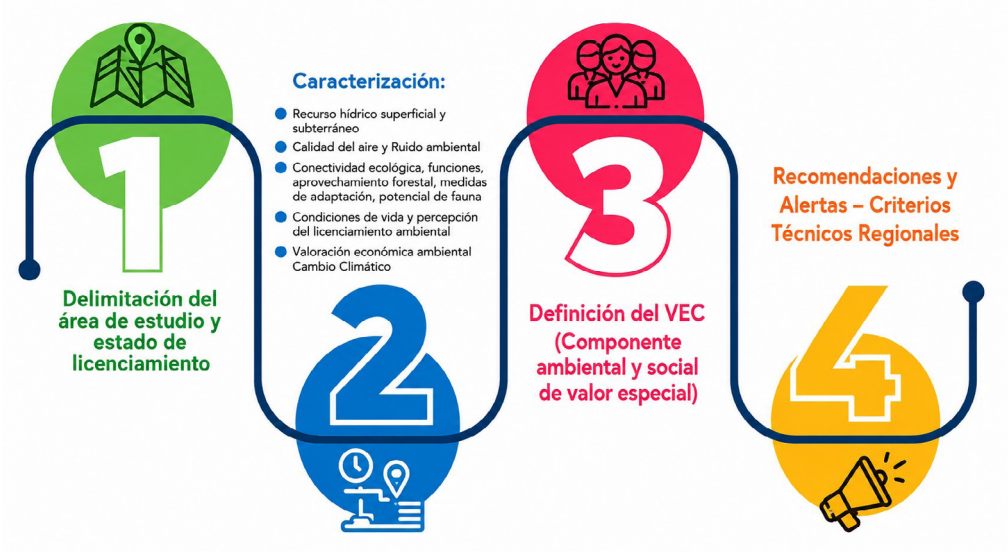
- Y por último, el reporte de alertas se lleva a cabo en cuatro fases, como se observa en la figura 32. Con la disposición de estas herramientas del centro de monitoreo ambiental, se puede utilizar información secundaria para hacer una identificación de riesgos e impactos ambientales y su sinergia, con el fin de establecer una línea base pertinente para la construcción de un diagnóstico ambiental de alternativas, evaluación de impacto ambiental o planes de manejo ambiental.

Figura 31. Diagnóstico de condiciones socioambientales



Fuente: ANLA (2022).

Figura 32. Fases del reporte de alertas



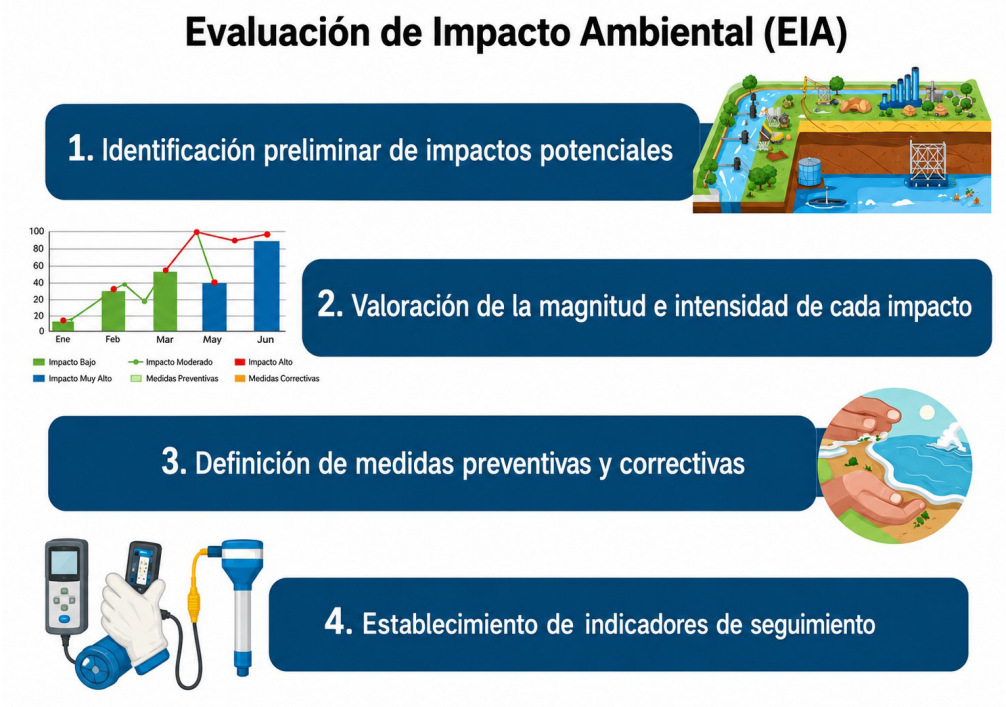
Fuente: ANLA (2022).

- Todo el análisis anterior permite alimentar las otras líneas de acción correspondiente al Monitoreo y Modelación, con el que es posible establecer las estrategias de monitoreo regional, boletines periódicos, verificación y validación de la información que entregan los usuarios de la entidad para la toma de decisiones.

Un elemento crítico en la planificación lo constituye la metodología de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), herramienta fundamental para anticipar y dimensionar las posibles alteraciones que una obra de infraestructura puede ocasionar (Otamendi et al., 2024).

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso técnico-administrativo utilizado para evaluar los impactos ambientales de proyectos, obras o actividades (POA) e informar a la comunidad de manera previa, de modo que esta pueda intervenir en la toma de decisiones. En este sentido, la EIA puede considerarse como una herramienta de prevención y control en el contexto del Sistema Nacional Ambiental de Colombia (Toro Calderón et al.,2013). En la figura 33 se indican los componentes claves que contempla el proceso de evaluación de impacto ambiental.

Figura 33. Componentes de la metodología de Evaluación de Impacto Ambiental



Fuente: elaboración propia.

- Es importante resaltar que existen diversos métodos para valorar los impactos ambientales, por lo que no existe uno universal que pueda aplicarse a todos los tipos de proyectos, en cualquier medio en el que se ubiquen (Canter y Sadler, 1997) y ninguno garantiza la ausencia de incertidumbres (Tennøy et al., 2006). No obstante,

los componentes esenciales del proceso de EIA como el *Scoping*[1], *Screening*[2] y la valoración detallada de los impactos ambientales son universalmente utilizados, pero las técnicas varían ampliamente (Weston, 2000).

En Colombia no existen métodos oficiales establecidos para la evaluación de impactos ambientales, por lo que su selección queda a criterio del evaluador o solicitante de la licencia ambiental. Por ello, es necesario analizar los métodos utilizados en los estudios de impacto ambiental (EIA) para ofrecer información que oriente decisiones regulatorias, facilite la comprensión pública y permita a los investigadores desarrollar propuestas más eficientes (Toro Calderón et al., 2023).

En un estudio realizado por Toro Calderón et al. (2023) para Colombia sobre los métodos empleados en la valoración de impactos ambientales se afirma que en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) analizados se identificó que todos aplican el enfoque de métodos matriciales, destacándose el uso de matrices simbolizadas, numéricas y escaladas. Los métodos específicos utilizados en los estudios fueron:

a. el Método de las Empresas Públicas de Medellín (9 %),

b. el Método de Conesa (67 %),

c. la Matriz de Leopold (3 %), y

d. La Matriz de Evaluación de Riesgos o Método RAM[3] de Ecopetrol (21 %).

Estos métodos permiten sistematizar y valorar los impactos ambientales considerando diferentes variables cualitativas y cuantitativas.

La elección de la aplicación de un determinado método para la evaluación de impactos ambientales dependerá de diferentes factores como el tipo y complejidad del proyecto, la disponibilidad de información, recursos económicos, la participación de la comunidad y el tiempo disponible (Mareddy, 2017).

La matriz de Leopold representa una herramienta clásica pero efectiva para este propósito, pues permite una visualización matricial de las interacciones entre acciones del proyecto y componentes ambientales (Ramírez, 2020). Este método es uno de los más usados para casi cualquier proyecto, en especial para los medianos o grandes, ya que

1 *Scoping*: término en inglés para “Alcance”. Determina qué impactos ambientales deben estar sujetos a evaluación.

2 *Screening*: término en inglés que significa “cribado”. Determina si un proyecto debe someterse a una evaluación de impacto ambiental

3 RAM: Risk Assessment Matrix

relaciona 100 acciones que pueden causar impactos al ambiente dispuestas en columnas con 88 características o condiciones ambientales dispuestos en filas, y al cruzar las columnas y las filas resultan las interacciones. Las desventajas de este método es la subjetividad durante la evaluación de impactos y la no consideración de impactos indirectos (Mijangos y López, 2013).

Por otro lado, la Matriz de Conesa también es uno de los métodos de evaluación ampliamente utilizados, gracias a su facilidad de implementación. Consiste en una matriz bidimensional que cruza las etapas del proyecto —como construcción, operación y cierre— con los factores ambientales por afectar, y mediante la asignación numérica de los criterios de evaluación (magnitud, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, periodicidad, recuperabilidad) se calcula la importancia del impacto (I) con una ecuación preestablecida en la cual se relacionan todos los criterios de evaluación y se asigna la naturaleza de dicho impacto como positivo o negativo, definido por la asignación del signo + o - y con ello, poder priorizar los impactos según su severidad (Conesa, 2010). Las ventajas de este método es que es cualitativa y cuantitativa, aplicable a diferentes proyectos y facilita la comunicación de los resultados obtenidos, mientras que las desventajas pueden ser la asignación de valores de manera subjetiva, porque esta depende de la experiencia del evaluador (Toro Calderón et al., 2013).

Con respecto a la matriz de valoración de riesgos o método RAM, es una metodología basada en la ISO 31000 y desarrollada por la empresa ECOPETROL S.A. cuyo objetivo principal es identificar, evaluar y clasificar los riesgos asociados a sus actividades petroleras que afectan a las personas, al ambiente, a sus partes interesadas, clientes, bienes e imagen corporativa y con ello poder priorizarlos y gestionarlos adecuadamente (Cuartas Espitia et. al., 2025). Como es una matriz bidimensional, evalúa de forma cruzada, cuantitativa y cualitativamente los riesgos, considerando probabilidad de ocurrencia y severidad de las consecuencias (Bayona Moreno, 2017). Entre las ventajas de este método podemos resaltar la facilidad de uso, agilidad, el enfoque integral y su alineación con el Decreto 1072 de 2015, correspondiente al Sistema de gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo y la Guía Técnica Colombia (GTC) 45. Sin embargo, entre sus desventajas está la imprecisión, puesto que depende del conocimiento del experto, y ello supone un componente de subjetividad en la evaluación (Romero Manosalva et al., 2024).

Complementariamente a las metodologías antes presentadas, se recomienda utilizar sistemas de información geográfica (SIG) que faciliten el análisis espacial y la modelación predictiva de escenarios (Sit et al., 2020).

Las metodologías modernas de diagnóstico ambiental incorporan principios de participación comunitaria, reconociendo que las comunidades locales poseen un conocimiento valioso sobre el territorio. La implementación de consultas, talleres y mecanismos

de socialización permite enriquecer el diagnóstico con perspectivas locales y lograr la apropiación social del proyecto (McElwee et al., 2020).

Un aspecto fundamental es la evaluación de la capacidad de carga del ecosistema, con el fin de determinar los límites de intervención que no comprometan la integridad y resiliencia del sistema natural (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [Unesco], 2021). Esto implica realizar estudios detallados sobre:

- Disponibilidad y calidad de recursos hídricos
- Condiciones de biodiversidad
- Fragilidad de ecosistemas estratégicos
- Servicios ecosistémicos existentes

- Las herramientas tecnológicas juegan un papel fundamental en este proceso. La implementación de sistemas de modelación ambiental asistidos por computadora permite simulaciones complejas que anticipan comportamientos y escenarios de transformación territorial con un alto grado de precisión (Sit et al., 2020; Otamendi et al., 2024).

La interdisciplinariedad constituye otro principio rector. El diagnóstico ambiental y la planificación requiere la convergencia de profesionales de diversas disciplinas: biólogos, geógrafos, ingenieros ambientales, antropólogos y sociólogos, entre otros, que aporten una mirada integral y compleja del territorio (González, 2020).

Es crucial que las metodologías de diagnóstico no solo identifiquen impactos negativos, sino que también reconozcan oportunidades de mejora y potenciales beneficios ambientales y sociales que el proyecto pueda dar (PNUD, 2020).

Por otro lado, la planificación debe contemplar un enfoque preventivo para privilegiar estrategias que eviten los impactos sobre aquellas, orientadas únicamente a su mitigación. Esto supone diseñar alternativas de intervención que sean intrínsecamente menos agresivas con el entorno (World Green Building Council, 2022).

En este sentido en el artículo 5: alcance de los proyectos de infraestructura:

> las entidades territoriales, las personas prestadoras de servicios públicos y otras que promuevan y desarrollen inversiones en acueductos y/o alcantarillados y/o aseo, deben identificar, dentro de sus herramientas de planeación sectorial, los proyectos de infraestructura cuyo desarrollo es prioritario en su jurisdicción relacionados con este sector, con el propósito de satisfacer necesidades racionalizando

los recursos e inversiones, de forma que se garantice la sostenibilidad del proyecto. (Minvivienda, 2027, p. 1)

- En este aspecto, en las etapas de planeación de los proyectos de acueducto, alcantarillado y/o aseo, se deberá seguir el siguiente procedimiento, de acuerdo con lo establecido en el Anexo 2 de la Resolución 330 de 2017 (ver figuras 34, 35 y 36).

Figura 34. Planeación de proyectos de acueductos (etapa 1)



Fuente: generado IA.

Figura 35. Planeación de proyectos de acueductos (etapa 2)



Fuente: generado con IA.

Figura 36. Planeación de proyectos de acueductos (etapa 3)



Fuente: generado con IA.

- Por otro lado, la normatividad vigente para este tipo de proyectos plantea el desarrollo de actividades preliminares obligatorias así:

Diagnóstico de la situación municipal

- Se debe elaborar un análisis integral que incluya el estado actual de la salud pública, los recursos naturales, el bienestar social y las condiciones físicas, económicas y sociales del área de intervención. Asimismo, debe evaluarse la prestación de los servicios públicos en cuanto a cobertura, continuidad, eficiencia y calidad.

Determinación de la población afectada

- Implica identificar tanto la población beneficiaria como la afectada directa o indirectamente por el proyecto, considerando el periodo de diseño. La estimación debe basarse en información confiable de fuentes oficiales, y debe quedar consignada en el documento técnico requerido por la normativa aplicable.

Características socioculturales y participación comunitaria

- Se debe recopilar información sobre aspectos sociales y culturales de la población objetivo: distribución espacial, densidad, estratificación, ingresos, economía,

crecimiento poblacional y presencia de población flotante. Además, se deben tener en cuenta factores como costumbres, creencias y relación con el entorno, fundamentales para la aceptación e implementación del proyecto.

En ese sentido, la participación comunitaria emerge como otro elemento transversal en el diagnóstico y planificación. Integrar perspectivas locales, conocer preocupaciones específicas de las poblaciones y construir consensos facilita diseños más pertinentes y socialmente apropiados. "El capítulo 'Diversidad biocultural' del Informe Nacional de Ecosistemas reconoce que la integración del conocimiento indígena y comunitario es fundamental para comprender la interrelación de la biodiversidad y las dinámicas culturales en el país" (McElwee et al., 2020, p. 5).

Cuantificación de la demanda y necesidades

- Consiste en analizar las demandas actuales y proyectadas del sistema, considerando instrumentos de planificación como el POT y el PGIRS. El objetivo es dimensionar adecuadamente las obras y prever posibles ampliaciones en el futuro.

Diagnóstico y evaluación del sistema existente

- Es necesario evaluar el sistema actual en términos de funcionamiento, capacidad real, estado tecnológico y eficiencia operativa. Para ello, se debe recopilar y analizar información técnica disponible: registros de operación y mantenimiento, estudios previos, reportes de redes, caudales, y condiciones geológicas, climáticas y topográficas. Con base en este análisis se define la inspección preliminar.

Por otro lado, en los procesos de planificación, las tecnologías emergentes, como modelación predictiva, análisis de *big data* e inteligencia artificial están transformando la manera como se realizan diagnósticos ambientales. Estas herramientas permiten simulaciones más precisas, identificación temprana de potenciales riesgos y optimización de recursos (Sit et al., 2020; Otamendi et al., 2024).

La planificación ambiental con enfoque preventivo parte del principio de precaución, reconocido internacionalmente como una herramienta esencial en la gestión ambiental moderna. Este principio establece que, ante la posibilidad de un daño grave o irreversible al medio ambiente, la ausencia de certeza científica no debe ser motivo para postergar medidas eficaces de prevención. En este sentido, la prevención se posiciona como la estrategia más eficaz y económica frente al deterioro ambiental, y así evita no solo impactos negativos, sino también los altos costos asociados a su corrección o compensación posterior.

Una planificación verdaderamente preventiva no solo exige la evaluación comparativa de diferentes alternativas de diseño, localización y tecnologías, también prioriza aquellas que implican la menor intervención posible sobre los ecosistemas. Por ejemplo, en proyectos de infraestructura hídrica esto puede significar elegir trazados que eviten zonas de recarga hídrica, reducir al mínimo las áreas de excavación o utilizar tecnologías sin zanja (no-dig) en áreas ecológicamente sensibles. Estas decisiones técnicas deben sustentarse en estudios integrales que incluyan análisis multicriterio, modelación geoespacial y diagnósticos ambientales detallados.

Desde el diseño conceptual, es posible incorporar soluciones arquitectónicas e ingenieriles que reduzcan el consumo de materiales, energía y recursos hídricos. Un enfoque preventivo contempla, por ejemplo, la implementación de sistemas modulares o prefabricados que minimizan el desperdicio en obra, así como la integración de infraestructuras verdes —como humedales artificiales o franjas vegetadas— que absorban parte del impacto del proyecto y a la vez mejoren el entorno. Estas decisiones deben formar parte del diseño técnico desde sus primeras etapas y no como adiciones reactivas.

Un elemento clave en la planificación preventiva es el reconocimiento y valoración de los servicios ecosistémicos que podrían verse comprometidos por el desarrollo del proyecto. Esto incluye servicios de regulación (como el control de la erosión o la recarga de acuíferos), servicios de aprovisionamiento (como agua limpia y materiales naturales), y servicios culturales (como el valor espiritual, estético o recreativo de un paisaje). Incorporar esta valoración desde la fase de diseño permite ajustar la intervención para minimizar la pérdida de estos beneficios y promover su conservación.

El enfoque preventivo también se vincula con la gestión del riesgo ambiental y la adaptación al cambio climático. Al anticiparse a fenómenos como inundaciones, sequías, deslizamientos o aumentos en la temperatura, la planificación preventiva permite diseñar proyectos más resilientes y sostenibles. Esto implica integrar escenarios climáticos en los modelos hidrológicos, usar materiales adaptativos y considerar infraestructuras híbridas que combinen soluciones grises (convencionales) con soluciones basadas en la naturaleza.

Finalmente, una planificación ambiental preventiva no puede llevarse a cabo de forma aislada; requiere de una participación temprana y efectiva de comunidades locales, autoridades ambientales, expertos técnicos y otros actores clave. Esta articulación permite identificar riesgos no evidentes, validar alternativas sostenibles y fomentar la apropiación social de los proyectos. La prevención es más efectiva cuando es construida colectivamente, pues reconoce los saberes locales y fomenta procesos de gobernanza ambiental más transparentes e inclusivos.

En el ámbito de la construcción de infraestructura hídrica, la sostenibilidad se ha convertido en un imperativo que trasciende las prácticas tradicionales. Las técnicas de construcción sostenible representan un cambio paradigmático en la forma en que concebimos y ejecutamos proyectos de acueducto y alcantarillado, integrando principios ambientales que minimizan el impacto ecológico y optimizan los recursos disponibles.

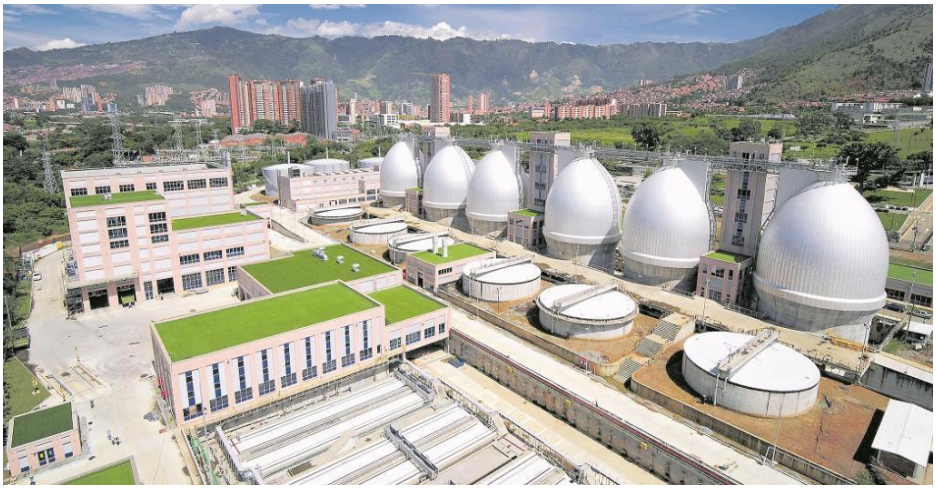
La selección de materiales ecoamigables constituye uno de los pilares fundamentales en este proceso de transformación. Los materiales reciclados, biodegradables y de bajo consumo energético en su producción se convierten en protagonistas de una nueva generación de infraestructura hídrica. Por ejemplo, el uso de concreto con componentes reciclados, tuberías fabricadas con materiales sostenibles y elementos constructivos que reducen la huella de carbono emergen como soluciones innovadoras.

Cuatro casos concretos colombianos que ejemplifican estas transformaciones son:

Caso 1: Planta de tratamiento de aguas residuales de Bello (Antioquia)

En la construcción de la PTAR Bello (ver figura 37), una de las más grandes de Colombia, se implementó concreto estructural con aditivos reciclados y cenizas volantes, lo que permitió reducir en un 25 % la emisión de CO_2 en comparación con mezclas convencionales. Además, se utilizaron agregados reciclados provenientes de demoliciones controladas como base para vías internas, con el fin de promover un enfoque de economía circular (Empresas Públicas de Medellín [EPM], 2021).

Figura 37. PTAR Bello Antioquia



Fuente: Portafolio (2025).

Caso 2: Proyecto de acueducto rural sostenible en Cajamarca (Tolima)

En la zona rural de Cajamarca, un proyecto liderado por la Universidad del Tolima y la comunidad campesina utilizó tuberías HDPE (polietileno de alta densidad) reciclado certificado para la conducción de agua, junto con estructuras de captación elaboradas en plástico reciclado inyectado (ver figura 38). Esta elección permitió abaratar costos, reducir el peso de transporte y aumentar la durabilidad frente a climas húmedos de montaña (Martínez y Gómez, 2022).

Figura 38. Acueducto rural sostenible Cajamarca



Fuente: Uniservicios (2024).

Las estrategias de diseño y construcción sostenible implican una visión holística que considera cada etapa del proyecto. La eficiencia energética, la reducción de residuos y la minimización de la intervención en ecosistemas sensibles son principios que guían

estas nuevas metodologías. Los profesionales del sector están implementando técnicas como la prefabricación de elementos, que permite reducir significativamente los desperdicios y optimizar los procesos constructivos.

Caso 3: Proyecto de optimización del sistema de acueducto en Santa Marta (Magdalena)

En el marco del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de Santa Marta, se aplicaron principios de diseño sostenible en zonas de influencia del Parque Nacional Natural Sierra Nevada. Se prioriza la prefabricación de cámaras de inspección y módulos de válvulas, con el fin de reducir el impacto de la obra civil sobre suelos frágiles y evitar vertimientos accidentales. Además, se establecieron protocolos de ahorro energético mediante el uso de equipos de bombeo de alta eficiencia, con lo cual se ha logrado una disminución del 18 % en el consumo eléctrico del sistema (Findeter, 2020).

La gestión del agua durante la construcción también representa un aspecto crítico. Las técnicas de construcción sostenible promueven sistemas de captación y reutilización de agua de lluvia, implementación de métodos de control de sedimentos y estrategias para prevenir la contaminación de fuentes hídricas cercanas. Estas prácticas no solo minimizan el impacto ambiental, también significan ahorros económicos significativos para los proyectos. Un ejemplo de esto es el proyecto de ampliación del sistema de tratamiento de aguas residuales en Tunja (Boyacá).

Caso 4: PTAR de Tunja

En la modernización de la PTAR de Tunja (ver figura 39), se aplicó un modelo de construcción sostenible que integró el uso de estructuras prefabricadas de concreto para reactores anaerobios y tanques de sedimentación, lo que disminuyó el tiempo de ejecución y la producción de escombros. La obra incluyó además un sistema de recirculación de agua en obra y el tratamiento de aguas grises, lo cual permitió reutilizar el 60 % del agua utilizada en la fase constructiva. La intervención se ajustó a zonas de recarga hídrica, y gracias a ello, se minimizó la remoción de vegetación, empleando cercos perimetrales ecológicos (Corpoboyacá, 2021).

La innovación tecnológica también juega un papel preponderante en la adopción de estas técnicas. Herramientas de modelado digital, sistemas de monitoreo en tiempo real y tecnologías de construcción inteligente permiten una planificación más precisa y una ejecución más eficiente. Los sistemas BIM (Building Information Modeling) facilitan la simulación de escenarios para anticipar posibles impactos ambientales y optimizar los diseños.

Figura 39. PTAR Tunja



Fuente: Veolia (2024).

Ejemplo de la aplicación de esta innovación es el caso: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Esholt” (Leeds, Reino Unido).

Yorkshire Water, empresa operadora del servicio de agua en el norte de Inglaterra, implementó un enfoque integral de diseño y construcción sostenible en la modernización de la planta Esholt. Desde la fase de diseño, se utilizó el sistema Building Information Modeling (BIM) para planificar la obra con máxima eficiencia: se simularon escenarios hidráulicos, flujos de entrada y riesgos ambientales como desbordamientos y vertimientos, como se observa en la figura 40.

Figura 40. Plataforma Yorkshire Water



Fuente: Idrica (2025).

- Durante la ejecución, se emplearon sensores de monitoreo en tiempo real integrados a un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) para controlar la calidad del agua, caudales y estado de equipos, lo cual redujo imprevistos técnicos y costos de operación. Además, la obra incorporó elementos de construcción modular y automatización digital, lo cual permitió una ejecución 30 % más rápida con una reducción del 40 % en emisiones de CO_2 respecto a métodos convencionales (UK Green Building Council. (2019).

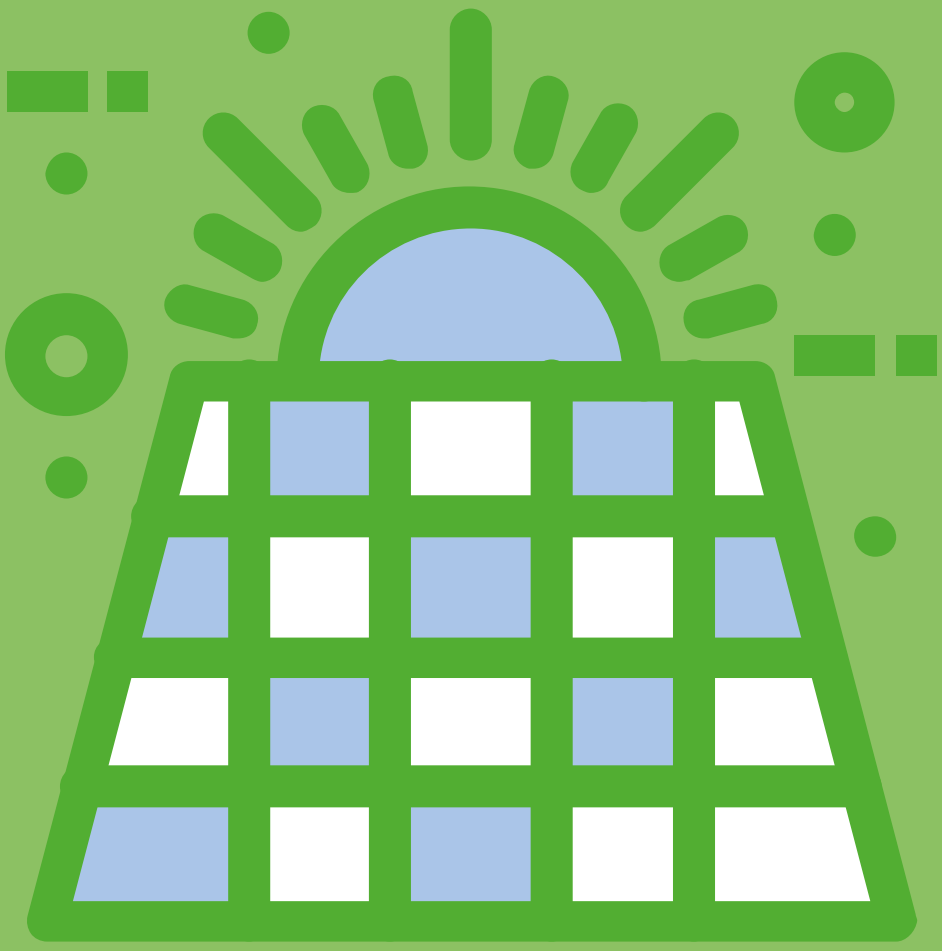
Este proyecto ha sido reconocido por el UK Green Building Council como un referente en infraestructura hídrica inteligente y resiliente.

La capacitación del personal constituye otro elemento fundamental. Los profesionales requieren una formación continua en técnicas sostenibles, para comprender no sólo los aspectos técnicos, sino también la importancia ecosistémica de sus decisiones. Los programas de certificación en construcción sostenible están ganando relevancia y estableciendo estándares cada vez más exigentes para el sector.

En el contexto colombiano, estas prácticas adquieren una dimensión especial, considerando la riqueza ecosistémica del país. La diversidad geográfica demanda soluciones adaptativas que respeten las particularidades de cada territorio. Las técnicas de construcción sostenible deben ser flexibles, considerando las condiciones climáticas, la disponibilidad de recursos locales y las características socioambientales de cada región.

La implementación de estas técnicas no representa únicamente un beneficio ambiental, sino también una oportunidad de desarrollo económico. La construcción sostenible genera nuevos empleos, impulsa la innovación tecnológica y posiciona a Colombia como un referente en infraestructura hídrica responsable a nivel latinoamericano.

Es verdad que los desafíos son significativos, pero las oportunidades son aún mayores. La transformación hacia técnicas de construcción sostenible requiere un compromiso integral de todos los actores: gobiernos, empresas, profesionales y comunidades. Solo mediante una visión colaborativa podremos construir una infraestructura hídrica verdaderamente sostenible.



TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

- En el ámbito de la construcción de infraestructura hídrica, la sostenibilidad se ha convertido en un principio fundamental que trasciende la mera ejecución técnica de obras. La adopción de técnicas constructivas que minimicen el impacto ambiental representa un compromiso ético y estratégico con el entorno y las comunidades involucradas (González, 2020; BID, 2022). En la figura 41 se puede observar algunas estrategias de construcción sostenible.

Figura 41. Estrategias de construcción sostenible



Fuente: elaboración propia.

La reducción del consumo de recursos durante la ejecución de obras requiere un enfoque multidimensional y sistémico. En primer lugar, es fundamental hacer una evaluación detallada de los materiales y procesos constructivos, identificando aquellas alternativas que permitan optimizar el uso de recursos naturales y energéticos (Sánchez, 2018).

De acuerdo con Benavides (2020), las estrategias de sostenibilidad comienzan con la selección consciente de materiales. La implementación de materiales reciclados o de bajo impacto ambiental —como concretos con componentes reciclados, aceros de producción responsable y agregados provenientes de procesos de recuperación— representa un primer paso crucial. Estas decisiones no solo reducen la demanda de recursos vírgenes, también disminuyen significativamente la huella de carbono asociada a la construcción (Ramírez et al., 2019).

La adopción de métodos sostenibles en la construcción es clave para reducir el impacto ambiental que tiene esta industria, que es una de las más contaminantes debido a sus elevadas emisiones de gases de efecto invernadero y la gran cantidad de residuos que produce. Por eso, elegir prácticas constructivas ecológicas es una decisión que refleja responsabilidad (UNEP, 2023).

Principales estrategias de construcción sostenible:

- Disminuir el consumo energético.
- Utilizar materiales ecológicos y reciclados.
- Aplicar técnicas constructivas que sean reciclables.
- Reducir los residuos durante la obra.
- Requerir menos mantenimiento.

Aunque cualquier tipo de construcción puede beneficiarse de estas prácticas, las que utilizan sistemas prefabricados suelen integrarlas de manera más sencilla.

La gestión eficiente del agua constituye otro elemento central en este proceso. La implementación de sistemas de recolección y reutilización de agua de lluvia, el tratamiento y reciclaje de aguas residuales generadas en el proceso constructivo y el uso de tecnologías de bajo consumo hídrico son prácticas fundamentales. Estas acciones no solo minimizan el impacto sobre los recursos hídricos locales, también redundan en modelos de economía circular en la construcción.

La optimización energética representa otra dimensión estratégica. La utilización de maquinaria de última generación con sistemas de reducción de emisiones, el empleo

de equipos híbridos o eléctricos, y la planificación de rutas y procesos para minimizar el consumo de combustibles fósiles son elementos determinantes. Además, la incorporación progresiva de fuentes de energía renovable, como paneles solares para alimentación de equipos o iluminación temporal, permite reducir significativamente la dependencia de combustibles tradicionales (World Green Building Council, 2022).

La capacitación del personal resulta igualmente fundamental. Un equipo de trabajo sensibilizado y formado en prácticas sostenibles puede implementar mejoras continuas durante el proceso constructivo. La generación de una cultura organizacional comprometida con la reducción de residuos, el uso eficiente de recursos y la minimización de impactos ambientales se convierte en un multiplicador de buenas prácticas (OMS, 2021).

La implementación de sistemas de monitoreo y control permanente permite identificar oportunidades de mejora en tiempo real. El uso de tecnologías como sensores de consumo, sistemas de georreferenciación y herramientas de análisis de datos posibilita una gestión dinámica y proactiva de los recursos utilizados durante la obra (Sit et al., 2020).

La documentación y sistematización de estas experiencias contribuye al desarrollo de conocimiento sectorial. Cada proyecto se convierte en una oportunidad para alcanzar aprendizajes que puedan replicarse y escalarse en futuras intervenciones de infraestructura hídrica (PNUD, 2020).

En el contexto colombiano, en el que la diversidad geográfica y ecosistémica representa un desafío adicional, estas prácticas adquieren una relevancia estratégica. La implementación de técnicas de construcción sostenible no solo responde a una necesidad ambiental, sino que se constituye como una herramienta fundamental para la preservación de los frágiles ecosistemas que caracterizan el territorio nacional (MADS, 2019).

En el contexto de la infraestructura de agua en Colombia, el manejo adecuado de residuos y materiales se ha convertido en un componente crítico para garantizar la sostenibilidad ambiental de los proyectos de acueducto y alcantarillado. La gestión integral de desechos no solo implica su disposición final, además, representa un proceso complejo que abarca desde la generación hasta la transformación y reutilización de materiales.

Un ejemplo de infraestructura en la que se implementan tecnologías sostenibles es la Planta de tratamiento de aguas residuales El Salitre (Bogotá, ver figura 42).

Entidad ejecutora: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) con apoyo del BID.

Aspectos sostenibles destacados:

- Uso de tecnología de lodos activados con aireación prolongada, que mejora la eficiencia energética en comparación con sistemas convencionales.
- Implementación de concreto prefabricado y armado con aditivos reciclados, con el fin de reducir el uso de materiales vírgenes y emisiones de CO_2.
- Instalación de sistemas de monitoreo automático en tiempo real (SCADA), para permitir un control continuo del proceso sin intervención humana directa.
- Recuperación ecológica del río Bogotá mediante la creación de zonas de amortiguación con vegetación nativa.

Figura 42. Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) El Salitre (Bogotá)



Fuente: PTAR Salitre (2018).

- Durante el desarrollo de obras de infraestructura hidráulica se producen volúmenes significativos de residuos que pueden impactar negativamente el medio ambiente si no se manejan con criterios técnicos y ambientales. Diversos materiales, como escombros, tuberías, restos de concreto, elementos metálicos y residuos de excavación requieren estrategias específicas de intervención que minimicen su huella ecológica.

Las estrategias de reutilización y reciclaje se convierten en herramientas fundamentales para reducir la cantidad de desechos que terminan en rellenos sanitarios. Por ejemplo, los escombros producto de demoliciones pueden ser triturados y utilizados

como material de relleno o base para nuevas construcciones, mientras que los metales pueden ser fundidos y reintegrados a procesos industriales, con el fin de disminuir la extracción de materias primas vírgenes. A continuación, se presenta el caso del Sistema de Acueducto en Yacopí (Cundinamarca, ver figura 43).

Entidad ejecutora: Gobernación de Cundinamarca, Empresa Aguas de Cundinamarca con su programa Agua a las veredas.

Aspectos sostenibles destacados:

- Construcción de tanques de almacenamiento en polietileno reciclado, con mayor durabilidad y menor impacto ambiental que los de concreto tradicional.
- Uso de tubería HDPE (polietileno de alta densidad) fabricada con contenido reciclado, para reducir costos y emisiones del transporte por su peso liviano.
- Integración de paneles solares para alimentar bombas hidráulicas, con el fin de disminuir el uso de combustibles fósiles en zonas rurales sin acceso confiable a red eléctrica.
- Capacitación comunitaria en mantenimiento preventivo, en aras de promover la sostenibilidad operativa a largo plazo (ver figura 44).

Figura 43. Tubería HDPE (polietileno de alta densidad) instalada en acueductos veredales de Cundinamarca



Fuente: Empresa Pública de Cundinamarca (EPC, 2024).

Figura 44. Mantenimiento y operación del sistema por integrantes de la comunidad



Fuente: Empresa Pública de Cundinamarca (EPC, 2024).

- Otra propuesta la presenta PAVCO, con su proyecto "Servicio de Recolección Pavco Wavin", cuyo propósito es no solo optimizar costos de producción, sino también reducir impacto ambiental. Esta iniciativa se enfoca en la recolección y reciclaje de materiales provenientes de tuberías y accesorios de PVC utilizados en la ciudad de Bogotá. Esta iniciativa no solo aborda la gestión responsable de residuos, también contribuye a la lucha contra el cambio climático. Al reciclar tuberías de PVC y accesorios se reduce la necesidad de fabricar nuevos productos a partir de materias primas, al tiempo que disminuyen las emisiones asociadas con la extracción y producción.

La clasificación inicial de residuos representa un paso crucial en este proceso. Se requiere implementar sistemas de separación en la fuente que permitan diferenciar materiales según su naturaleza: orgánicos, inertes, reciclables y peligrosos. Esta primera categorización facilita posteriores procesos de tratamiento y valorización, optimiza los recursos y reduce el impacto ambiental.

Los residuos peligrosos generados en obras de infraestructura hidráulica, como pinturas, solventes, aceites usados y materiales contaminados demandan protocolos especializados de manejo. La normatividad colombiana establece lineamientos estrictos para su manipulación, transporte y disposición final: exige a las empresas contratistas certificaciones y planes de gestión integral que garanticen su tratamiento seguro.

La economía circular se presenta como un modelo innovador en la gestión de residuos, en tanto promueve que los materiales mantengan su valor y utilidad mediante ciclos de reutilización consecutivos. En el sector de infraestructura de agua, esto significa diseñar proyectos considerando desde su concepción las posibilidades de recuperación y transformación de materiales, y ello reduce progresivamente la generación de desechos.

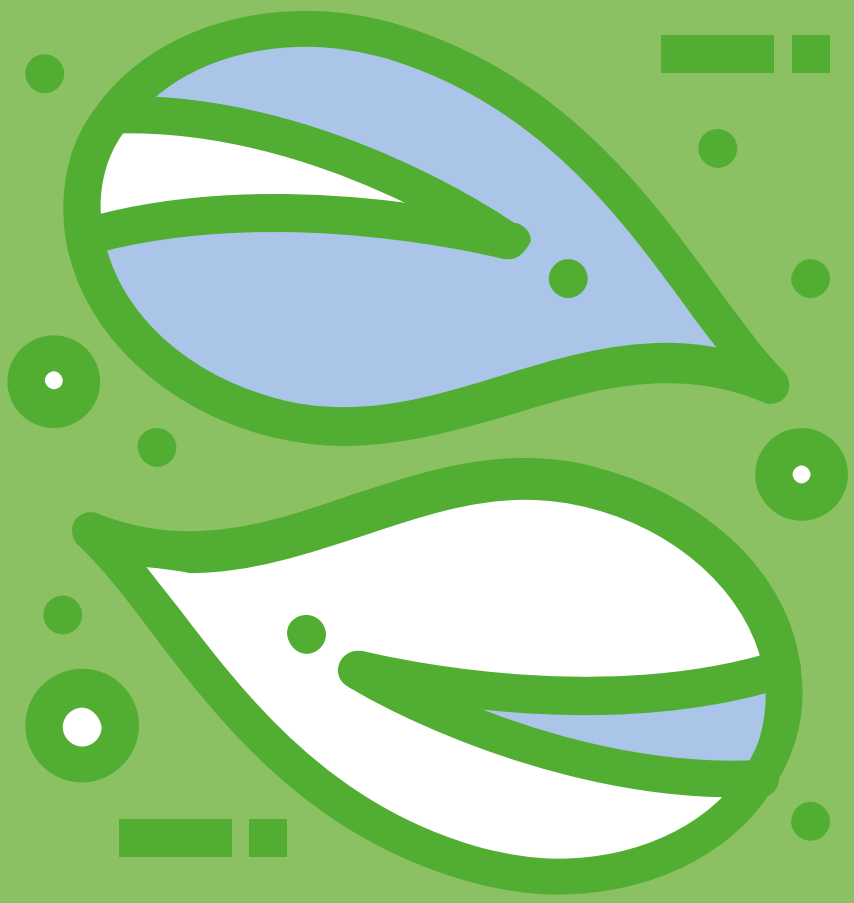
Las tecnologías emergen como aliadas fundamentales en este proceso. Sistemas de trituración especializada, plantas de clasificación automatizada y herramientas de diagnóstico permiten optimizar los procesos de reciclaje y valorización de residuos. La inversión en equipamiento tecnológico se convierte así en una estrategia de largo plazo que supone beneficios ambientales y económicos.

La capacitación del personal técnico y operativo resulta igualmente crucial. Los trabajadores deben comprender los protocolos de manejo de residuos, identificar correctamente los materiales y aplicar las mejores prácticas de separación y manipulación. Los programas de educación ambiental se transforman en instrumentos para construir una cultura organizacional comprometida con la sostenibilidad.

La colaboración entre entidades públicas, empresas privadas y comunidades locales potencia los resultados en la gestión de residuos. Mediante alianzas estratégicas se pueden desarrollar infraestructuras de reciclaje, implementar programas de economía circular y presentar modelos replicables que trascienden el ámbito de un proyecto específico.

Los desafíos en el manejo de residuos son complejos, pero las oportunidades de transformación son enormes. Cada tonelada de material reciclado representa un paso hacia una infraestructura de agua más sostenible, eficiente y respetuosa con el entorno natural de Colombia.

La capacitación del personal técnico y operativo resulta igualmente crucial. Los trabajadores deben comprender los protocolos de manejo de residuos, identificar correctamente los materiales y aplicar las mejores prácticas de separación y manipulación.



MANEJO DE RESIDUOS Y MATERIALES

- En el contexto de la infraestructura del agua el manejo adecuado de residuos y materiales se convierte en un elemento fundamental para garantizar la sostenibilidad ambiental de los proyectos. La gestión integral de los residuos generados durante las obras de acueducto, alcantarillado y aseo no solo representan un desafío complejo, que requiere estrategias innovadoras y comprometidas con la preservación del medio ambiente, también posee una naturaleza vinculante, al estar contemplada dentro de un marco normativo de carácter obligatorio y de estricto cumplimiento por parte de los responsables de los proyectos, obras o actividades (Martínez et al., 2020; Restrepo y Mora, 2018).

Dichos requisitos técnicos, legales y administrativos se encuentran enmarcados en diversos instrumentos de planificación y control ambiental. En Colombia, la ejecución de proyectos o actividades con alto potencial de tener impactos ambientales, incluidas aquellas relacionadas con el recurso hídrico, exige contar con dichos instrumentos. Independientemente del tipo de instrumento requerido, los residuos sólidos generados en cada fase del proyecto representan un reto significativo, ya que su generación es inevitable y su gestión debe responder a las características específicas de estos residuos.

A este desafío se suma la necesidad de garantizar la sostenibilidad del proyecto en todas sus etapas, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), las políticas ambientales aplicables vigentes y los lineamientos técnicos de sostenibilidad que permiten una mayor valorización del proyecto, obra o actividad. Por ello, resulta imprescindible considerar criterios y estrategias que aseguren la sostenibilidad de los proyectos a partir de una gestión responsable e integral de los residuos sólidos generados.

El principio de jerarquía en la gestión de residuos se fundamenta como un pilar normativo y operativo esencial para orientar las decisiones en materia de manejo de residuos sólidos. Este principio establece un orden secuencial en las modalidades de gestión, privilegiando aquellas estrategias que presentan el menor riesgo o potencial de daño para el medio ambiente y la salud humana, mientras que sitúa como última opción aquellas prácticas con menor capacidad de aprovechamiento y mayor impacto ambiental (MADS, 2022).

En este marco, la jerarquía se estructura en una secuencia que inicia con la prevención y reducción en la fuente, es decir, la adopción de medidas para evitar la generación de residuos mediante cambios en el diseño, producción y consumo (ver figura 45). Le sigue la reutilización, que prolonga la vida útil de los productos y materiales sin necesidad de transformaciones complejas. Posteriormente, se prioriza el reciclaje, entendido como la

recuperación de materiales para reincorporarlos a los ciclos productivos y otras formas de valorización, como la recuperación energética. Finalmente, se contempla la disposición final en rellenos sanitarios u otras infraestructuras autorizadas exclusivamente cuando no existan alternativas de aprovechamiento viables (MinAmbiente, 2021).

Figura 45. Principio de jerarquía de gestión de los residuos



Fuente: MADS (2022, p. 33).

- La aplicación coherente de este principio no solo minimiza los impactos ambientales negativos, también contribuye a la transición de un modelo de consumo lineal —basado en producir, usar y desechar— hacia un modelo circular, en el que los recursos se mantienen en uso durante el mayor tiempo posible, y suponen beneficios ambientales, sociales y económicos. Asimismo, refuerza los objetivos de sostenibilidad al promover una gestión integral de residuos alineada con las políticas nacionales y los compromisos internacionales de economía circular.

La implementación del principio de jerarquía de gestión de residuos se materializa con acciones concretas en los sistemas de gestión integral de residuos, según los cuales cada etapa debe responder a la prioridad establecida por dicho principio (ver figura 46). En primer lugar, la segregación en la fuente o separación en la fuente, seguido de la etapa de aprovechamiento y finalmente la disposición final. De esta manera, la jerarquía no se limita a un marco conceptual, sino que orienta la operación práctica de la gestión de residuos bajo principios de eficiencia, sostenibilidad y economía circular.

Figura 46. Gestión integral de residuos sólidos



Fuente: elaboración propia.

- En este sentido, la primera consideración prioritaria es la clasificación exhaustiva de los residuos, etapa fundamental para definir acciones efectivas de la gestión (figura 47). Esta debe entenderse no solo como un requisito de los servicios públicos de aseo, sino también como una estrategia transversal y obligatoria en proyectos de infraestructura hídrica en la que los volúmenes y tipos de residuos varían significativamente según las fases de construcción, operación y mantenimiento.

Figura 47. Clasificación de los residuos sólidos generados en proyectos de infraestructura hídrica



Fuente: elaboración propia.

- La aplicación del código de colores establecido por la Resolución 2184 de 2019 resulta igualmente pertinente en estas obras, ya que facilita la identificación de materiales susceptibles de aprovechamiento o reciclaje, optimiza los procesos de manejo y evita la disposición inadecuada de residuos peligrosos o no aprovechables, y la suma de todo ello reduce los impactos ambientales, como se observa en la figura 48.

Figura 48. Código de colores establecido por la Resolución 2184 de 2019



Fuente: elaboración propia.

- Asimismo, el Programa basura cero, impulsado en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, refuerza el rol de la segregación como herramienta para impulsar modelos de economía circular, con beneficios directos en la reducción de costos de disposición final, el incremento del valor de materiales reciclables y la minimización de los impactos ambientales. En este sentido, la gestión diferenciada de residuos en proyectos de acueducto, alcantarillado y aseo se convierte en un pilar para el cumplimiento de las metas de sostenibilidad y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), garantizando que cada etapa del proyecto incorpore criterios técnicos, legales y ambientales alineados con la economía circular.

En todo caso, en los proyectos de infraestructura hídrica se producen diversos tipos de materiales, desde escombros de construcción hasta residuos orgánicos e inorgánicos, incluso residuos de gestión diferenciada y residuos peligrosos, siendo estos últimos más complejos de manejar por el potencial de riesgo que representan. La segregación inicial permite identificar aquellos elementos susceptibles de reutilización, aprovechamiento y/o reciclaje, minimizando el volumen de desechos que terminan en rellenos sanitarios y contribuyendo a la optimización de recursos y la sostenibilidad ambiental (Gómez y Rodríguez, 2017).

Una vez clasificados y segregados, las estrategias de reutilización representan una práctica prioritaria. Materiales como agregados pétreos, restos de concreto y elementos

metálicos pueden ser procesados y reincorporados en nuevas etapas constructivas. Por ejemplo, los escombros triturados se emplean como base para capas de pavimentación o como material de relleno en diferentes obras de infraestructura, con el fin de reducir significativamente la demanda de recursos vírgenes y los costos asociados a su disposición (González y López, 2019; MinAmbiente, 2021).

El reciclaje se configura como otro mecanismo crucial dentro de la gestión integral. Plásticos, metales, maderas y otros componentes pueden ser transformados mediante procesos industriales especializados que se traducen en nuevos productos y disminuyen la presión sobre los recursos naturales. Para lograrlo, es fundamental que las empresas constructoras establezcan alianzas estratégicas con centros de reciclaje certificados que garanticen el tratamiento adecuado de estos materiales, su trazabilidad y el cumplimiento de normativas ambientales vigentes (García et al., 2022).

La disposición final de los residuos debe considerarse únicamente como la última opción dentro de la jerarquía de gestión, reservada para aquellos materiales que no pueden ser reutilizados ni reciclados. Este enfoque integral no solo reduce la presión sobre los sistemas de disposición final, también cierra el ciclo de los materiales bajo principios de economía circular, transformando lo que antes se consideraba desecho en un recurso con valor económico y ambiental. En proyectos de infraestructura hídrica, esta visión permite optimizar recursos, minimizar impactos ambientales y avanzar en el cumplimiento de los ODS, especialmente en lo relacionado con la producción y consumo responsables (ODS 12) y la acción por el clima (ODS 13).

Por otro lado, la disposición final de los residuos con bajo potencial de aprovechamiento requieren de un protocolo técnico y riguroso, diseñado para minimizar los impactos ambientales y cumplir con la normativa vigente. En Colombia, el Decreto 1076 de 2015 —decreto único reglamentario del sector ambiental— y la Resolución 472 de 2017, que regula la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD), establecen los lineamientos y obligaciones para asegurar que estos residuos sean tratados y dispuestos de manera adecuada en sitios debidamente autorizados por las autoridades ambientales competentes (MinAmbiente, 2017).

Un paso esencial en este proceso es la caracterización previa de los residuos, la cual permite identificar sus propiedades físicas, químicas y biológicas para definir los tratamientos más apropiados. Dependiendo de su naturaleza, los residuos pueden ser sometidos a procesos de confinamiento, tratamientos especiales para residuos peligrosos o, como última alternativa, a su disposición en rellenos sanitarios técnicamente diseñados, los cuales deben cumplir con estrictas condiciones de impermeabilización, control de lixiviados y monitoreo de gases (UPME, 2020; MinAmbiente, 2021).

Sin embargo, la disposición final debe considerarse solo como la última opción dentro de la jerarquía de gestión de residuos. Actualmente, la innovación en los procesos de manejo y tratamiento de residuos ofrecen alternativas a las soluciones convencionales con el objetivo de reducir el volumen de desechos enviados a rellenos sanitarios y agregar valor. Procesos como la valorización energética mediante la incineración controlada con recuperación de energía, el compostaje de residuos orgánicos o la gasificación, así como las técnicas de transformación química y mecánica de plásticos y metales, representan alternativas viables para convertir residuos en insumos energéticos o materiales reutilizables (UPME, 2020; González y Rojas, 2022). Estos avances no solo contribuyen a disminuir la presión sobre los recursos naturales, también fortalecen la transición hacia un modelo de economía circular alineado con los ODS.

Adicionalmente, a partir de la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0, los procesos productivos y operativos han sido transformados por diferentes tecnologías buscando resultados más efectivos. La Cuarta Revolución industrial o Industria 4.0 no es más que una era en la que la digitalización penetra disruptivamente el sector industrial con diferentes tecnologías que anteriormente eran imposibles (Rivera y Lopera, 2024). Estas tecnologías se han extrapolado a diversos sectores, incluido el de la gestión de residuos, en el cual se aportan soluciones más eficientes y sostenibles, en concordancia con los ODS y los principios de la economía circular. En respuesta a la necesidad de optimizar los procesos asociados al manejo de residuos, surge el concepto de Smart Waste Management o Gestión Inteligente de Residuos (Kannan et al., 2024), orientado a integrar herramientas tecnológicas avanzadas para mejorar cada una de las etapas de recolección.

Desde 2015 se ha puesto en evidencia una creciente tendencia en la exploración y aplicación de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 en el campo de la gestión de residuos. Tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial, el uso de sensores, *Big Data* y más recientemente *Blockchain*, han sido incorporadas con el propósito de optimizar aspectos claves, como la identificación del tipo de residuos, los procesos de gestión integral y la implementación de estrategias circulares como las 5R (Kannan et al., 2024). La integración de estas tecnologías no solo ha demostrado ser viable, también ha arrojado resultados positivos en términos de eficiencia operativa, trazabilidad y sostenibilidad, y se ha consolidado como una línea de innovación con alto potencial de desarrollo en la transición hacia economías más circulares y responsables ambientalmente.

No obstante, la implementación efectiva de estos procesos tecnológicos y operaciones requiere un equipo multidisciplinario comprometido. Profesionales en gestión ambiental, ingenieros especializados, técnicos y personal de campo deben trabajar de manera coordinada para establecer protocolos claros y sistemas de registro que documenten cada etapa del proceso de manejo de residuos (UPME, 2020).

En este sentido, una gestión integral de residuos bien estructurada, además de contribuir a la sostenibilidad ambiental tiene impactos positivos en el ámbito económico y social. La reducción de costos asociados a la disposición final, la generación de nuevas fuentes de ingreso por reciclaje y el cumplimiento de las exigencias legales se configuran como ventajas competitivas para las organizaciones que adopten estas prácticas (Gómez y Rodríguez, 2017).

Tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial, el uso de sensores, *Big Data* y más recientemente *Blockchain*, han sido incorporadas con el propósito de optimizar aspectos claves.



PROTECCIÓN DE FUENTES HÍDRICAS

- En el contexto de la infraestructura hídrica colombiana, la protección de las fuentes hídricas se convierte en un desafío fundamental que requiere un enfoque integral y estratégico. La compleja red de ecosistemas acuáticos del país, que abarca desde páramos andinos hasta humedales tropicales, demanda acciones específicas y especializadas para garantizar su preservación durante la ejecución de proyectos de acueducto y alcantarillado (IDEAM, 2019).

La primera línea de defensa para proteger estos recursos vitales comienza con una identificación precisa de las zonas de mayor vulnerabilidad. Los profesionales deben realizar un mapeo detallado de las cuencas hidrográficas, y así, reconocer sus características geológicas, ecosistémicas y de biodiversidad. Esta caracterización permite diseñar estrategias de intervención que minimicen el impacto potencial de las obras de infraestructura (World Wildlife Fund for Nature [WWF] Colombia, 2021).

Un aspecto crítico es establecer perímetros de protección rigurosos alrededor de las fuentes hídricas. Estas zonas de amortiguamiento deben funcionar como barreras naturales que impidan la contaminación directa y el deterioro de los ecosistemas acuáticos. La implementación de estas zonas requiere un trabajo interdisciplinario que involucre geólogos, biólogos, ingenieros ambientales e hidrogeólogos (MinAmbiente, 2023).

Además, las medidas preventivas incluyen la instalación de barreras físicas temporales que evitan la sedimentación y la dispersión de contaminantes durante las obras. Geotextiles especializados, trampas de sedimentos y sistemas de contención móviles pueden utilizarse para interceptar partículas y residuos antes de que alcancen los cuerpos de agua (UNEP, 2022).

La gestión del recurso hídrico también implica un control estricto de los procesos constructivos. Esto significa establecer protocolos para el manejo de maquinaria pesada y para definir rutas de tránsito específicas que minimicen la intervención directa sobre zonas sensibles. El uso de maquinaria con tecnologías de bajo impacto y el mantenimiento preventivo de los equipos reducen significativamente el riesgo de contaminación por derrames de combustibles o lubricantes.

Un elemento fundamental es la implementación de sistemas de monitoreo continuo. Las estaciones de medición automatizadas pueden registrar parámetros como turbidez, pH, oxígeno disuelto y presencia de contaminantes en tiempo real. Esta información permite una intervención inmediata ante cualquier anomalía detectada durante el proceso constructivo.

La revegetación y restauración ecológica emergen como estrategias complementarias de protección. Después de concluir las obras, es fundamental realizar procesos de recuperación de la cobertura vegetal utilizando especies nativas que contribuyan a la estabilización de los ecosistemas. Estas acciones no solo mitigan el impacto ambiental, también promueven la regeneración natural de los espacios intervenidos (ver figura 49).

Figura 49. Revegetación



Fuente: Freepik.

- La capacitación del personal técnico representa otro componente esencial. Los trabajadores deben comprender la fragilidad de los ecosistemas acuáticos y recibir formación específica sobre protocolos de conservación. Programas de sensibilización ambiental que destaquen la importancia de cada acción individual pueden marcar la diferencia en la protección de estos recursos.

Finalmente, la articulación con las comunidades locales resulta fundamental. Su conocimiento tradicional sobre los territorios y ecosistemas puede aportar perspectivas valiosas para diseñar estrategias de protección más efectivas y contextualizadas. Históricamente, las comunidades han sido guardianas de las fuentes hídricas, lo que les ha permitido estudiar y comprender su territorio, así como reconocer —de manera anticipada— las diferentes señales de modificaciones del ecosistema, comprender los ciclos naturales del agua y proponer soluciones adaptadas a las condiciones del entorno.

7.1. Gobernanza del agua y marco institucional en Colombia

- La conservación y protección de las fuentes hídricas no depende solo de medidas técnicas o de participación comunitaria, sino también de una estructura institucional sólida que permita coordinar, regular, hacer seguimiento y proponer mejoras a la gestión del recurso hídrico. En Colombia, el Sistema Nacional Ambiental (SINA) es el encargado coordinar y orientar la gobernanza del recurso hídrico con sus actores, que operan en diferentes niveles (ver figura 50). El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible diseña la hoja de ruta con las políticas en materia de agua, mientras que las Corporaciones Autónomas Regionales, Corporaciones de Desarrollo Sostenible y las Autoridades Ambientales Urbanas tienen la responsabilidad directa de velar por la conservación, restauración y uso sostenible de las fuentes hídricas en sus respectivas áreas de jurisdicción (MADAS, 2022).

Figura 50. Gobernanza del agua nacional



Fuente: Plan Hídrico Nacional (2013).

- Asimismo, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y las Autoridades Ambientales desempeñan un rol importante en la evaluación, otorgamiento y seguimiento de licencias ambientales para proyectos de infraestructura que puedan suponer impactos negativos a los diferentes cuerpos de agua. Es importante mencionar que las autoridades ambientales son las responsables de la formulación e implementación de los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH),

instrumento de planificación que busca garantizar la calidad, disponibilidad y sostenibilidad del agua mediante diagnósticos técnicos, clasificación de usos, objetivo de calidad y metas de conservación (MADS, 2011). Por su parte, los entes territoriales, por medio de sus planes de ordenamiento territorial (POT), son responsables de integrar la protección del agua en su planeación local a partir de los PORH diseñados por la autoridad ambiental del área de su jurisdicción. Fortalecer la gobernanza del agua en Colombia implica avanzar hacia modelos más participativos, como lo vienen estipulando la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, el Decreto 1076 de 2015 y el Plan de Desarrollo 2022-2026. Un componente esencial de la gobernanza es la coordinación interinstitucional, que debe evitar la fragmentación de competencias y promover una toma de decisiones articulada y eficiente. En este contexto, los diferentes actores institucionales e instrumentos de planificación como las políticas deben estar articulados y responder a un mismo objetivo, que para este caso es la conservación del recurso hídrico (ver tabla 3).

Tabla 3. Actores institucionales y su competencia

Entidad	Competencia
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico
Agencia Nacional de Licencias Ambientales	Evaluación y seguimiento de licencias ambientales asociadas al recurso hídrico
Corporaciones Autónomas Regionales, Corporaciones de Desarrollo Sostenibles, Autoridades Ambientales Urbanas	Evaluación y seguimiento de licencias ambientales asociadas al recurso hídrico Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico
Entidades territoriales	Planificación territorial
Consejos de cuenca	Participación y coordinación intersectorial

Fuente: elaboración propia.

- Sin embargo, en el SINA se presentan retos importantes. La débil articulación entre los diferentes actores, las brechas en capacidades técnicas de algunas autoridades ambientales y la limitada fiscalización de proyectos con impacto hídrico son algunas debilidades que deben superarse para tener resultados más efectivos frente al tema de planeación del recurso hídrico. Fortalecer la gobernanza del agua no es un proceso paralelo al diseño técnico, sino un pilar estructural que permite que las acciones de conservación, monitoreo y restauración sean sostenibles en el tiempo.

El monitoreo y la evaluación ambiental son componentes fundamentales en el desarrollo de proyectos de infraestructura de agua; representan la columna vertebral para garantizar la sostenibilidad y minimizar los impactos negativos sobre los ecosistemas. En el contexto colombiano la diversidad ecosistémica es uno de los mayores patrimonios naturales, de manera que estas prácticas adquieren una relevancia estratégica.

La implementación de sistemas de monitoreo efectivos implica el diseño de estrategias integrales que permitan un seguimiento sistemático y científico de cada etapa del proyecto. Estos sistemas no solo se limitan a la recopilación de datos, también buscan un análisis comprehensivo que facilite la toma de decisiones informadas y la implementación de correcciones oportunas.

Los indicadores ambientales se convierten en herramientas esenciales para este proceso. Entre los más relevantes se encuentran: calidad del agua, biodiversidad afectada, emisiones generadas, consumo de recursos, gestión de residuos y alteración de ecosistemas. Cada indicador requiere metodologías específicas de medición que garanticen la objetividad y precisión de los resultados.

Las tecnologías digitales, especialmente los sistemas de información geográfica (SIG), sensores remotos, internet de las cosas, drones, *big data,* entre otras, han transformado radicalmente el monitoreo ambiental del recurso hídrico. En Colombia, estas herramientas han permitido recopilar datos mucho más precisos y en tiempo real frente a la calidad del agua, disponibilidad y su dinámica espacial.

Uribe (2022) identificó que el uso de percepciones remotas combinado con sistemas de información geográfica hace mucho más sencillo el monitoreo de cuerpos de agua contaminadas, específicamente aquellas con grandes áreas y de difícil acceso. Lo anterior, es relevante en un país como Colombia, ya que por su geografía y conflictos sociales hacen que monitorear este tipo de cuerpos de agua sea complicado y casi imposible. Aun así, ampliar estas tecnologías hacia sensores de mayor resolución y frecuencia temporal sigue siendo un reto. Sin embargo, ya se está utilizando esta tecnología para el monitoreo del agua. La Corporación autónoma Regional de Cundinamarca ha utilizado drones para el registro, captura de información geográfica y mapeo de cerca de 160 kilómetros del río Bogotá en sus cuencas alta, media y baja al cierre del 2024, y así ha logrado detectar zonas críticas, como posibles inundaciones, erosión de taludes y cambios en caudales ante la temporada de lluvias (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR], 2024).

Asimismo, se han utilizado drones dotados de sensores de calidad del agua en microcuencas, como en el Río Teusacá, La Calera en Cundinamarca (Sáenz, 2014). Estos drones recogen datos de parámetros como turbidez, pH, temperatura y oxígeno disuelto desde puntos predeterminados, y transmiten los datos en tiempo casi real para soporte de

decisiones (Sáenz, 2014). Desde una perspectiva global, los drones son útiles para recopilar datos de alta precisión en zonas de difícil acceso y reducir los costos operativos en comparación con métodos tradicionales (Valle et al., 2024). Equipos con sensores multiespaciales, hiperespectrales, térmicos o LIDAR permiten obtener información detallada sobre parámetros claves, como turbidez, temperatura y presencia de contaminantes específicos, como se puede observar en la tabla 4 (Valle et al., 2024).

Tabla 4. Aplicaciones de las tecnologías emergentes en la gestión ambiental

Tecnología	Aplicaciones
Sistemas de información geográfica y teledetección satelital	Identificación de fuentes contaminadas, seguimiento espacial de variables claves (Cabrera Rosero, 2021).
Drones/vehículos aéreos no tripulados	Monitoreo de calidad del agua, detección de alteraciones físicas y químicas, envío de datos en tiempo real (Sáenz, 2014).
Sensores especializados	Monitoreo de variables físicas, temperatura, pH, turbidez, sensores de contaminantes integrados (Valle et al., 2024).
Big data y análisis geoespacial	Integración de datos en tiempo real, modelación predictiva y visualización adaptativa para una rápida toma de decisiones.

Fuente: elaboración propia.

- La evaluación ambiental debe contemplar un enfoque holístico que considere no solamente los impactos directos, sino también los indirectos y acumulativos. Esto implica analizar cómo las intervenciones en infraestructura de agua pueden afectar los ecosistemas a mediano y largo plazo, considerando aspectos como la resiliencia de los sistemas naturales, los cambios en la biodiversidad y las posibles alteraciones en los ciclos ecológicos.

Un elemento crucial en este proceso es la transparencia. Los resultados de los monitoreos deben ser socializados con las comunidades locales, las autoridades ambientales y todos los actores involucrados. Esta práctica no solo despierta confianza, sino que promueve una cultura de responsabilidad ambiental compartida.

La normatividad colombiana ha avanzado significativamente en establecer marcos regulatorios para el monitoreo ambiental. Normativas como la Resolución 1023 de 2005 y el Decreto 1076 de 2015 proporcionan lineamientos específicos sobre evaluación de impacto ambiental, y establecen criterios técnicos y metodológicos para su implementación.

Es fundamental que los profesionales involucrados en proyectos de infraestructura de agua comprendan que el monitoreo y la evaluación ambiental no son etapas aisladas, sino un proceso continuo de aprendizaje y mejora. Cada proyecto se convierte en una oportunidad para refinar metodologías, desarrollar innovaciones tecnológicas y construir conocimiento que contribuya a prácticas cada vez más sostenibles.

La formación de equipos multidisciplinarios, con especialistas en diferentes áreas como hidrología, ecología, ingeniería ambiental y ciencias sociales, resulta indispensable para garantizar una evaluación integral. Esta visión interdisciplinaria permite comprender la complejidad de los ecosistemas y diseñar estrategias de monitoreo más comprensivas.

Un elemento crucial en este proceso es la transparencia. Los resultados de los monitoreos deben ser socializados con las comunidades locales, las autoridades ambientales y todos los actores involucrados.



MONITOREO AMBIENTAL

- El monitoreo y la evaluación ambiental representan componentes fundamentales para garantizar la efectividad de las buenas prácticas implementadas en proyectos de infraestructura de agua (ver figura 51). Este proceso sistemático permite no solo identificar el cumplimiento de los objetivos ambientales, sino también hacer ajustes y mejoras continuas que optimicen el desempeño de las intervenciones (González y Pérez, 2021).

Figura 51. Esquema ilustrativo monitoreo ambiental



Fuente: Freepik.

- Los indicadores ambientales se configuran como herramientas estratégicas para medir el impacto real de las acciones ejecutadas. Estos deben diseñarse considerando múltiples dimensiones: cuantitativos, cualitativos, de proceso y de resultado (MMA, 2018). Entre los indicadores más relevantes se encuentran aquellos relacionados con:

1. Consumo de recursos

- Volumen de agua utilizada
- Eficiencia energética
- Cantidad de materiales reutilizados
- Reducción de emisiones de carbono (World Bank, 2020).

2. Preservación ecosistémica

- Calidad del agua en fuentes hídricas cercanas
- Conservación de biodiversidad
- Intervención en zonas de protección ambiental
- Recuperación de espacios naturales (EPA, 2022).

3. Gestión de residuos

- Porcentaje de residuos reciclados
- Tratamiento de materiales contaminantes
- Disposición final adecuada de desechos
- Minimización de impactos negativos (PNUMA, 2021).

La metodología de evaluación debe contemplar un enfoque integral que combine métodos cuantitativos y cualitativos. Se recomienda implementar monitoreo continuo durante todas las etapas del proyecto, registro sistemático de información, análisis comparativo con líneas base iniciales, utilización de tecnologías de seguimiento digital e informes periódicos con resultados detallados (Correa y Andrade, 2020).

En esta fase es fundamental llevar a cabo una auditoría final que compare los estados inicial y final del entorno y determine el cumplimiento de los objetivos ambientales. Este informe debe archivarse como parte del legado documental del proyecto y servir de base para futuras intervenciones en el área (ANLA, 2020).

Las herramientas tecnológicas juegan un papel fundamental en este proceso. Sistemas de información geográfica, sensores ambientales y plataformas de análisis de datos permiten obtener mediciones precisas y en tiempo real, facilitando la toma de decisiones oportunas (Unesco, 2019).

La participación de equipos multidisciplinarios resulta crucial para garantizar una evaluación comprensiva. Profesionales de áreas como ingeniería ambiental, biología, química y gestión de proyectos deben colaborar en el diseño e implementación de los indicadores (Pérez, 2023).

La retroalimentación y mejora continua constituyen principios fundamentales. Cada evaluación debe ofrecer recomendaciones concretas que permitan optimizar los procesos y minimizar potenciales impactos negativos en futuras intervenciones de infraestructura (González y Pérez, 2021).

Finalmente, la transparencia en la comunicación de resultados resulta esencial. Los informes de monitoreo y evaluación deben ser accesibles para comunidades, autoridades y *stakeholders,* fomentando la participación ciudadana y la rendición de cuentas en proyectos de infraestructura de agua (ANLA, 2020).

8.1 Metodología del monitoreo ambiental en todas las etapas del proyecto

- El monitoreo ambiental debe concebirse como un proceso continuo y adaptativo que se implementa desde la planificación inicial del proyecto hasta su operación y cierre. Esta visión integral permite detectar oportunamente desviaciones, verificar el cumplimiento de los compromisos ambientales y proponer ajustes preventivos o correctivos, según sea necesario, con el fin de mejorar la sostenibilidad de las intervenciones, como se observa en la figura 52 (MMA, 2018; González y Pérez, 2021).

8.1.1 Etapa de planeación

- Durante la fase de planificación, el monitoreo se enfoca en el establecimiento de la línea base ambiental (figura 53). Esto implica la recopilación de datos físicos, biológicos y sociales del área de influencia del proyecto mediante estudios de campo, revisión documental y consulta comunitaria. Esta información constituye el referente técnico para comparar los cambios posteriores generados por la ejecución del proyecto (Ideam, 2022).

Figura 52. Metodología de monitoreo ambiental



Fuente: elaboración propia.

Figura 53. Toma de muestras en área de influencia



Fuente: generado IA.

En esta etapa se deben definir los indicadores ambientales clave, su periodicidad de medición, umbrales de aceptabilidad y las metodologías de recolección de datos, integrando herramientas como matrices de impacto, modelaciones y sistemas de información geográfica (SIG) (Pérez, 2023). También se debe estructurar el Plan de Monitoreo Ambiental (PMA) alineado con el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y las obligaciones derivadas de la licencia ambiental (ANLA, 2020).

Un aspecto crítico es la definición de umbrales y rangos de aceptabilidad para cada indicador. Estos valores deben establecerse considerando normativas ambientales vigentes, mejores prácticas internacionales y características específicas del contexto local colombiano (IDEAM, 2022).

8.1.2. Etapa de construcción

- En la fase de ejecución o construcción, el monitoreo tiene un enfoque operativo y preventivo. Se realiza la vigilancia de aspectos críticos como:
- Control de emisiones de polvo y ruido
- Manejo de residuos y sustancias peligrosas
- Protección de cuerpos de agua y cobertura vegetal
- Cumplimiento de medidas de manejo establecidas en el Plan de Manejo Ambiental (PMA).
- Durante esta etapa, el uso de listas de verificación, inspecciones en sitio, sensores de calidad del aire y agua, y reportes fotográficos periódicos se convierten en herramientas esenciales para documentar el cumplimiento ambiental (EPA, 2022; Correa y Andrade, 2020). Además, deben habilitarse canales de queja y atención comunitaria que retroalimenten el sistema de monitoreo (BID, 2018).

La generación de informes de seguimiento debe ser periódica y estandarizada, con presentación a las autoridades competentes y socialización con las comunidades impactadas, en concordancia con los principios de transparencia y participación (Morales, 2019).

8.1.3. Etapa de operación y mantenimiento

- En la fase operativa, el monitoreo se enfoca en los impactos residuales y en la eficiencia ambiental del sistema construido. Se priorizan indicadores como:

- Calidad del agua tratada
- Uso eficiente de energía
- Generación de residuos y lodos
- Ruido operacional
- Mantenimiento de áreas de revegetalización o compensación.

El monitoreo en esta fase debe emplear herramientas automatizadas de medición en tiempo real, como sensores IoT, telemetría y sistemas de alerta temprana ante fallas operativas (Unesco, 2019; World Bank, 2020). También se recomienda incorporar auditorías ambientales periódicas y la evaluación de la percepción comunitaria sobre el desempeño del proyecto.

- Un componente clave es la actualización continua del PMA en función de los resultados del seguimiento, integrando acciones de mejora continua y garantizando la sostenibilidad del sistema en el largo plazo (PNUMA, 2021).

8.1.4. Etapa de cierre o desmantelamiento

- Aunque menos común en proyectos de infraestructura hídrica permanente, en los casos en que se contempla el cierre de obras temporales (campamentos, accesos, zonas de préstamo), el monitoreo debe verificar la restauración del entorno, el cumplimiento de medidas de clausura y la no existencia de pasivos ambientales (González y Pérez, 2021).

El monitoreo en esta fase debe emplear herramientas automatizadas de medición en tiempo real, como sensores IoT, telemetría y sistemas de alerta temprana ante fallas operativas .





Capítulo 9

EDUCACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN COMUNITARIA

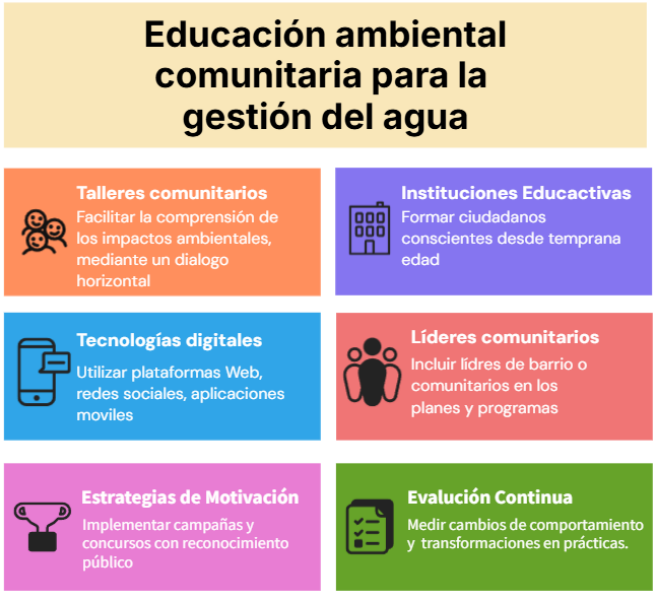
- La educación y sensibilización ambiental son pilares fundamentales para transformar la relación de las comunidades con su entorno natural, especialmente en el contexto de proyectos de infraestructura de agua. Desarrollar programas efectivos requiere una estrategia integral que involucra diferentes actores y metodologías participativas (Breava, 2021).

9.1 Sensibilización comunitaria para el monitoreo ambiental

La sensibilización comunitaria constituye un pilar fundamental en el desarrollo de proyectos de infraestructura hídrica sostenible. Involucrar a los ciudadanos no solo representa una estrategia de participación, sino un mecanismo transformador que despierta conciencia ambiental y empoderamiento social (Morales, 2019).

Los programas de educación ambiental deben diseñarse considerando las particularidades de cada contexto local, reconociendo la diversidad cultural y las dinámicas socioeconómicas de las comunidades (ver figura 54). La comunicación efectiva se convierte en una herramienta esencial para transmitir conocimientos sobre la importancia de preservar los recursos hídricos y comprender el impacto de las buenas prácticas ambientales (WWF, 2021).

Figura 54. Estrategias en educación ambiental



Fuente: elaboración propia.

- Una estrategia integral de sensibilización debe contemplar múltiples espacios y metodologías de interacción. Las escuelas representan un escenario privilegiado para iniciar procesos de formación ambiental, pues permiten que las nuevas generaciones incorporen valores de sostenibilidad desde temprana edad. En este sentido, se recomienda desarrollar talleres interactivos, jornadas de limpieza de cuencas hídricas y proyectos pedagógicos que vinculen directamente a niños y jóvenes con su entorno natural (MAVDT, 2016).

Las comunidades rurales y urbanas requieren aproximaciones diferenciadas. En zonas rurales, los programas deben articularse con prácticas tradicionales de manejo del territorio, aunque respetando los saberes ancestrales y promoviendo tecnologías adaptadas a sus condiciones. En contextos urbanos, la sensibilización puede implementarse mediante campañas comunicacionales, uso de redes sociales y estrategias que aprovechen la conectividad digital (BID, 2018).

Los líderes comunitarios se convierten en actores estratégicos para replicar mensajes y movilizar a sus comunidades. Su formación como multiplicadores ambientales permite crear una red de promotores que impulsan transformaciones desde lo local. La capacitación de estos referentes debe incluir elementos conceptuales sobre gestión hídrica, pero también herramientas metodológicas para comunicar efectivamente (UNEP, 2021).

La participación ciudadana no puede limitarse a procesos informativos; por el contrario, debe garantizar una intervención real en la toma de decisiones. Los espacios de diálogo, las consultas previas y los mecanismos de retroalimentación son fundamentales para lograr una verdadera corresponsabilidad en el cuidado de los recursos naturales (Morales, 2019).

Las tecnologías digitales ofrecen nuevas posibilidades para la educación ambiental. Plataformas interactivas, aplicaciones móviles y contenidos multimedia pueden dinamizar los procesos de sensibilización, especialmente entre poblaciones jóvenes. Sin embargo, es crucial mantener un equilibrio que no reemplace, sino que complemente los encuentros presenciales y el diálogo directo (Agencia Alemana de Cooperación Internacional [GIZ], 2020).

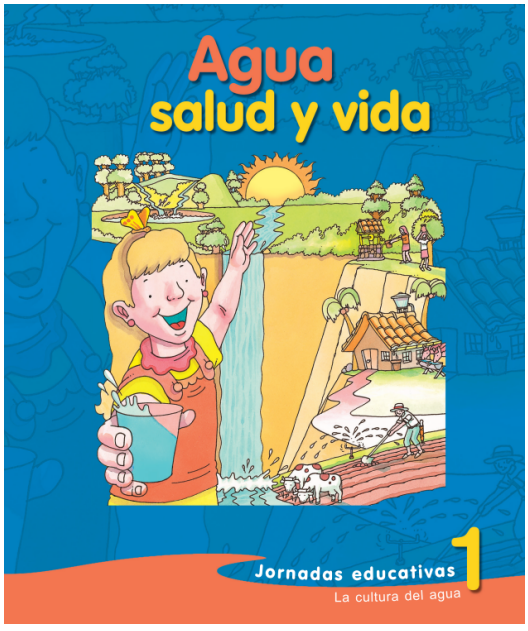
La medición del impacto de estos programas resulta esencial. Se requieren indicadores cualitativos y cuantitativos que permitan evaluar la transformación de percepciones, el nivel de apropiación de conocimientos y los cambios conductuales generados. Esto implica diseñar sistemas de monitoreo participativos que involucren a la misma comunidad en la valoración de resultados (MMA, 2018).

La sensibilización ambiental debe entenderse como un proceso continuo y dinámico, que evoluciona con las transformaciones sociales y los desafíos emergentes relacionados con el cambio climático y la gestión de recursos hídricos. Su éxito dependerá de la capacidad no solo de establecer conexiones empáticas entre las personas y su entorno, sino también de promover una ciudadanía comprometida con la sostenibilidad (WWF, 2021).

Algunos ejemplos de programas de sensibilización de éxito es el de Cultura del agua, del Viceministerio del Agua y saneamiento básico, que tiene como propósito construir una cultura orientada al cuidado, protección y uso racional de este recurso, desarrollando procesos educativos de carácter permanente mediante los cuales las comunidades tengan la posibilidad de reflexionar sobre su realidad local, analizar las consecuencias de sus comportamientos y prácticas individuales y colectivas sobre el entorno y asuman su capacidad para tomar decisiones orientadas a transformar dichos comportamientos en la búsqueda de un desarrollo humano sostenible (Ministerio de Vivienda Ciudad y territorio, 2024).

Este programa incluye estrategias educativas que atienden diferentes potencialidades y demandas por grupos sociales y formas de organización (ver figura 55).

Figura 55. Portada cartilla Programa Cultura del Agua



Fuente: Minambiente (2019).

Jornadas educativas en agua y saneamiento: procesos educativos formales, no formales e informales (definidos por la Ley 115, Ley General de Educación) que se desarrollan, entre otras actividades, con talleres, encuentros, reuniones, salidas de campo y eventos culturales, recreativos y deportivos que se realizan con representantes de una localidad.

Clubes defensores del agua: estrategia educativa dirigida a los niños en edad preescolar y de básica primaria.

Saneamiento básico escolar y educación en higiene: formación para docentes y de capacitación para agentes comunitarios, cuyo propósito es el de plantear proyectos escolares y comunitarios que contribuyan a la solución de problemas.

Participación comunitaria en proyectos de agua y saneamiento: fortalece la participación de las comunidades en todo el ciclo de los proyectos desde la elaboración del diagnóstico comunitario hasta su formulación.

9.2 Programas de educación ambiental

- Un primer enfoque esencial consiste en diseñar talleres comunitarios que faciliten la comprensión de los impactos ambientales asociados a las obras de acueducto y alcantarillado. Estos espacios deben permitir un diálogo horizontal en el que los ciudadanos, además de recibir información, puedan compartir sus conocimientos y preocupaciones locales (Morales, 2019).

La metodología de estos talleres podría estructurarse en módulos temáticos que aborden aspectos como ciclo del agua, ecosistemas hídricos, gestión de residuos y buenas prácticas de conservación. La implementación de técnicas pedagógicas vivenciales, como simulaciones, estudios de caso y ejercicios prácticos permitirá una apropiación más significativa del conocimiento ambiental (Unesco, 2019; WWF, 2021). Las instituciones educativas representan aliados estratégicos fundamentales. Implementar programas de educación ambiental en escuelas y colegios posibilitará formar ciudadanos conscientes desde temprana edad. Estos programas podrían incluir visitas guiadas a infraestructuras hídricas, proyectos de investigación estudiantil y actividades de recuperación de espacios naturales (MAVDT, 2016).

Ahora bien, las tecnologías digitales también ofrecen oportunidades invaluables para amplificar el alcance de estos programas. Plataformas web, aplicaciones móviles y redes sociales pueden convertirse en herramientas de divulgación y sensibilización para crear comunidades virtuales comprometidas con la gestión sostenible del agua (GIZ, 2020).

La inclusión de líderes comunitarios y representantes barriales en el diseño de estos programas garantizará una mayor pertinencia y apropiación. Estos actores conocen las dinámicas locales y pueden facilitar la comunicación y movilización ciudadana en torno a objetivos ambientales (BID, 2018). Estrategias como concursos de iniciativas ambientales, campañas de comunicación con mensajes claros y concisos, y reconocimientos públicos a comunidades comprometidas pueden motivar la participación. El objetivo central es transformar la percepción del cuidado ambiental de una obligación a una decisión voluntaria y gratificante (Breava, 2021).

La evaluación continua de estos programas resulta crucial. Implementar mecanismos de seguimiento que midan el impacto real en términos de cambios de comportamiento, niveles de conocimiento adquirido y transformaciones en prácticas cotidianas permitirá una mejora constante de las estrategias educativas (MMA, 2018).

Finalmente, es fundamental reconocer que la educación ambiental no es un proceso unidireccional, sino un diálogo permanente entre diferentes saberes y perspectivas. La construcción colectiva de conocimiento, el respeto por la diversidad cultural y la valoración de los conocimientos tradicionales serán claves para desarrollar programas verdaderamente transformadores (Morales, 2019; PNUMA, 2021).

El monitoreo en esta fase debe emplear herramientas automatizadas de medición en tiempo real, como sensores IoT, telemetría y sistemas de alerta temprana ante fallas operativas .



CASOS DE ÉXITO Y LECCIONES APRENDIDAS

- En el recorrido de implementación de buenas prácticas ambientales en infraestructura de agua en Colombia, diversos proyectos han demostrado que la sostenibilidad no es solo un concepto teórico, sino también una realidad transformadora (PNUMA, 2022). Un ejemplo paradigmático es el proyecto de renovación del sistema de alcantarillado en Medellín, en el que la intervención integral contempló no solo la mejora de la infraestructura, sino también la recuperación de ecosistemas hídricos urbanos (EPM, 2021).

En Colombia, diversos proyectos de infraestructura relacionados con acueducto, alcantarillado y aseo han demostrado que es posible implementar buenas prácticas ambientales con resultados significativos y transformadores. El presente capítulo explorará casos emblemáticos que representan verdaderos modelos de sostenibilidad e innovación en el sector.

Un primer ejemplo destacado lo constituye el proyecto de renovación del sistema de alcantarillado en Medellín, específicamente en la zona metropolitana del Valle de Aburrá. Este proyecto implementó tecnologías de construcción que minimizaron la intervención del ecosistema urbano, utilizando métodos de perforación horizontal dirigida que redujeron la necesidad de excavaciones tradicionales (Pereira et al., 2021). Como resultado, se logró disminuir cerca del 60 % del impacto ambiental asociado a las obras de infraestructura, preservar zonas verdes y reducir la generación de escombros.

El sistema de tratamiento de aguas residuales en Buenaventura representa otro caso de éxito fundamental (ver figura 56). En esta región, tradicionalmente marginada y con grandes desafíos ambientales, se desarrolló un proyecto que integró tecnologías de tratamiento biológico con participación comunitaria. La implementación de humedales artificiales para el saneamiento permitió no solo mejorar la calidad del vertimiento, sino también ofrecer espacios de recuperación ecológica y oportunidades económicas para las comunidades locales (Cardona y Díaz, 2022).

Figura 56. Planta de tratamiento de aguas residuales



Fuente: Alcaldía de Buenaventura (s. f.)

- En Bogotá, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado ha venido implementando estrategias innovadoras en la gestión de residuos generados durante obras de infraestructura (figura 57). Mediante programas de clasificación y reciclaje han logrado reutilizar más del 80 % de los materiales extraídos en las intervenciones y reducir así significativamente la huella de carbono asociada a estos procesos constructivos (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá [EAAB], 2022).

Figura 57. Avenida El Rincón construcción de los puentes en la avenida Boyacá con calle 127 localidad de Suba obras Bogotá.



Fuente: Revista Semana (2024).

- El proyecto de recuperación del río Bogotá merece una mención especial (figura 58). Esta iniciativa integral ha combinado infraestructura, restauración ecológica y gestión comunitaria, y ha demostrado que la intervención ambiental puede ser sistémica y colaborativa (CAR, 2023). Se implementaron tecnologías de biorremediación, sistemas de monitoreo permanente y programas de educación ambiental que involucran directamente a las comunidades aledañas.

Figura 58. Avances recuperación río Bogotá



Fuente: Minambiente (s. f.)

- En la región Caribe, específicamente en Barranquilla (ver figura 59), se desarrolló un proyecto pionero de gestión de aguas pluviales que integra infraestructura verde. Mediante la implementación de sistemas de drenaje sostenible se logró reducir significativamente los riesgos de inundación, al tiempo que se ofrecían espacios públicos de valor ecológico y paisajístico (Alcaldía de Barranquilla, 2021).

Las lecciones aprendidas de estos casos son múltiples y reveladoras. En primer lugar, se hace evidente que la sostenibilidad ambiental no es un costo adicional, sino una inversión estratégica. La implementación de buenas prácticas no solo tiene beneficios ecológicos, también representa optimización de recursos y generación de valor social (World Bank, 2020).

- La participación comunitaria emerge como un factor crítico de éxito. Aquellos proyectos que lograron una genuina integración con las comunidades locales obtuvieron resultados más sostenibles y transformadores. La sensibilización, la educación y el empoderamiento de los ciudadanos son fundamentales para garantizar la continuidad de las iniciativas (Morales, 2019).

Figura 59. Adecuación de canales del agua lluvia en Barranquilla



Fuente: El tiempo (2022).

La innovación tecnológica aparece como otro elemento diferenciador. Las soluciones más exitosas no se limitaron a replicar modelos tradicionales, también exploraron alternativas creativas que combinan conocimiento técnico con sensibilidad ambiental (Unesco, 2020).

El caso de Medellín ilustra cómo la innovación puede ser el motor de la transformación ambiental. Mediante técnicas de construcción que priorizaron la mínima intervención del entorno natural se logró reducir significativamente el impacto ecológico. La implementación de materiales reciclados y el uso de tecnologías de bajo consumo energético fueron fundamentales para el éxito del proyecto.

La región del Caribe colombiano presenta otro caso de éxito en Cartagena, donde se implementaron sistemas de tratamiento de aguas residuales que integran principios de economía circular. Mediante procesos innovadores de tratamiento y reutilización, lograron minimizar el vertimiento de contaminantes y recuperar una importante cantidad de agua para usos secundarios.

Finalmente, estos casos demuestran que Colombia tiene el potencial de convertirse en un referente latinoamericano en buenas prácticas ambientales para la infraestructura del agua. La clave está en mantener un enfoque sistémico, colaborativo y permanentemente orientado a la innovación (González y Pérez, 2021).

Entre las lecciones más significativas, destacan varios puntos críticos para futuras iniciativas:

1. Integración comunitaria: la participación de las comunidades locales es fundamental para garantizar la sostenibilidad de cualquier proyecto.

2. Innovación tecnológica: la adopción de tecnologías limpias y eficientes permite reducir significativamente el impacto ambiental.

3. Planificación estratégica: un diagnóstico ambiental detallado previo a la intervención permite anticipar y mitigar posibles impactos negativos.

4. Capacitación continua: la formación de profesionales y comunidades en buenas prácticas ambientales es un pilar para la transformación sostenible.

5. Monitoreo permanente: el seguimiento constante de indicadores ambientales permite realizar ajustes oportunos y mantener la efectividad de las intervenciones.

Las recomendaciones para futuras iniciativas se centran en la necesidad de desarrollar un enfoque holístico. Ya no basta con cumplir normativas; se requiere una visión que comprenda la infraestructura como parte de un ecosistema complejo e interconectado.

La inversión en investigación y desarrollo de soluciones localizadas será clave. Cada región de Colombia presenta características ambientales únicas que demandan estrategias específicas. No existe un modelo único, sino la capacidad de adaptar principios generales a contextos particulares.

Finalmente, es fundamental fortalecer los marcos regulatorios y ofrecer incentivos para que empresas y entidades territoriales adopten voluntariamente prácticas ambientales innovadoras. El compromiso debe trascender la obligación normativa y convertirse en una cultura de responsabilidad ambiental.

Los casos presentados demuestran que la sostenibilidad no es un límite, sino una oportunidad de crear infraestructuras más eficientes, resilientes y armónicas con el entorno natural, demostrando que las buenas prácticas ambientales no son un lujo, sino una necesidad imperativa. Cada proyecto representa un aprendizaje, una oportunidad para refinar metodologías y construir conocimiento transferible a otros contextos.

Las lecciones extraídas de estas experiencias son múltiples. En primer lugar, la importancia de la planificación estratégica, que debe contemplar no solo aspectos técnicos, sino también dimensiones sociales y ambientales. La participación temprana de comunidades y expertos resulta fundamental para identificar potenciales impactos y diseñar soluciones innovadoras.

Otro aspecto crucial es la inversión en capacitación y tecnología. Los proyectos más exitosos son aquellos que apuestan por el desarrollo de capacidades locales, formando

profesionales comprometidos con la sostenibilidad y utilizando herramientas tecnológicas de vanguardia para minimizar riesgos ambientales.

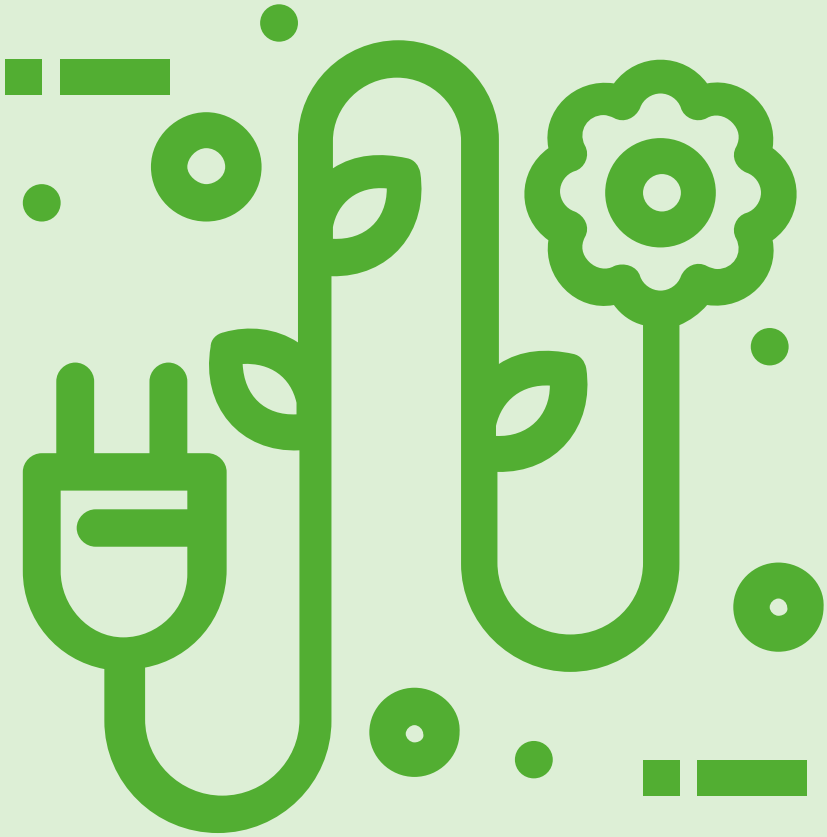
La flexibilidad y la capacidad de adaptación también emergen como elementos diferenciadores. Los proyectos que logran ser resilientes, capaces de ajustarse a cambios imprevistos y de mantener su compromiso ambiental resultan más efectivos y sostenibles en el tiempo.

Es fundamental reconocer que cada contexto es único. Las soluciones no pueden ser simplemente replicadas, por el contrario, también deben ser contextualizadas, considerando particularidades geográficas, sociales y económicas de cada territorio.

En resumen, las experiencias presentadas nos invitan a repensar los paradigmas tradicionales de infraestructura. Ya no se trata solo de construir, sino también de regenerar, de agregar valor ambiental y social en cada intervención. Los proyectos exitosos son aquellos que entienden la infraestructura como un ecosistema vivo e interconectado en el cual cada decisión tiene implicaciones más allá de lo inmediato.

El camino hacia la sostenibilidad es un proceso continuo de aprendizaje, innovación y compromiso. Cada proyecto representa una oportunidad para avanzar, para demostrar que es posible desarrollar infraestructura respetando y potenciando los ecosistemas que nos sostienen.

En resumen, las experiencias presentadas nos invitan a repensar los paradigmas tradicionales de infraestructura. Ya no se trata solo de construir, sino también de regenerar, de agregar valor ambiental y social en cada intervención.





Capítulo 11

LIMITACIONES INSTITUCIONALES Y CONDICIONES DE GESTIÓN DEL AGUA EN COLOMBIA

- En Colombia, el sector de agua potable y saneamiento básico ha presentado en las últimas décadas avances significativos en términos de cobertura; sin embargo, persisten brechas estructurales asociadas a debilidades institucionales, capacidades técnicas en los diferentes niveles gubernamentales (nacional y local) y limitaciones en los esquemas de gobernanza territorial. Estas condiciones influyen directamente en la sostenibilidad ambiental, financiera y operativa de las obras de acueducto, alcantarillado y aseo, particularmente en municipios rurales y categorías 4, 5 y 6 (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2018; Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2015).

Lo anterior se debe a que el modelo colombiano de gestión del agua se estructura bajo un esquema multinivel que involucra al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) y las entidades territoriales. Aunque este diseño busca garantizar regulación técnica, control ambiental y sostenibilidad financiera, en la práctica han puesto en evidencia los problemas de coordinación interinstitucional y superposición de competencias (OCDE, 2015).

La OCDE (2015) identificó como uno de los principales desafíos del sector la fragmentación en la asignación de responsabilidades y la limitada articulación entre políticas ambientales, de ordenamiento territorial y de prestación de servicios públicos. Esta situación significa demoras en trámites como concesiones de agua, permisos de vertimiento y ocupaciones de cauce, afectando la ejecución oportuna de proyectos de infraestructura. Adicionalmente, se observa una débil integración entre instrumentos de planificación como los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV), los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y los Planes de Gestión del Riesgo, los Planes de Ordenación y Manejo Cuencas Hidrográficas (POMCA) lo cual limita una visión sistémica de cuenca y reduce la efectividad de las intervenciones ambientales (DNP, 2018).

Los municipios colombianos presentan capacidades técnicas de alta heterogeneidad. Mientras las grandes ciudades cuentan con empresas prestadoras consolidadas y equipos técnicos especializados, numerosos municipios pequeños carecen de personal capacitado en ingeniería ambiental y sanitaria, estructuración financiera y gestión de proyectos (Banco Mundial, 2016).

Esta situación incide en:

- Deficiencias en la formulación de proyectos bajo la Metodología General Ajustada (MGA).
- Estudios y diseños con baja calidad técnica.
- Falencias en la elaboración de estudios ambientales.
- Limitaciones en la implementación y seguimiento de planes de manejo ambiental. Por otro lado el DNP (2018) ha indicado que la rotación política frecuente de funcionarios y la ausencia de carrera administrativa en algunas entidades territoriales afectan la continuidad institucional y la memoria técnica, lo cual ha supuesto la discontinuidad en procesos de planificación, ejecución y operación de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo. Esto repercute directamente en la sostenibilidad ambiental de los sistemas, pues limita la adopción de esquemas de mantenimiento preventivo y gestión adaptativa.

Otra problemática que enfrenta este tipo de proyectos es la sostenibilidad financiera y la recuperación de los costos, ya que a pesar que la CRA ha establecido un marco tarifario que busca garantizar suficiencia financiera y eficiencia económica en la prestación del servicio, en los municipios con baja densidad poblacional, altos niveles de informalidad y limitada capacidad de pago la recuperación de costos es insuficiente para cubrir la operación, el mantenimiento y la reposición de infraestructura (CRA, 2017; Banco Mundial, 2016). Esta situación origina una dependencia significativa de recursos del Sistema General de Participaciones (SGP) y de transferencias nacionales para inversión, lo que supone vulnerabilidad financiera y afecta el desempeño ambiental de los sistemas, especialmente en plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) y plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), donde la falta de mantenimiento adecuado reduce la eficiencia de remoción de contaminantes (DNP, 2018).

La OCDE (2015) advierte que la sostenibilidad financiera es un componente esencial de la sostenibilidad ambiental, dado que sin recursos suficientes no es posible mantener estándares de calidad ni cumplir metas de tratamiento y reducción de cargas contaminantes.

En cuanto a la gestión ambiental y el control regulatorio Colombia cuenta con un marco normativo robusto en materia ambiental, incluyendo normatividad sobre vertimientos, calidad del agua y gestión integral del recurso hídrico. Sin embargo, la capacidad operativa de las autoridades ambientales regionales es desigual a lo largo y ancho del país, lo que limita el monitoreo sistemático y el seguimiento a los instrumentos ambientales (OCDE, 2015).

El DNP (2018) ha identificado que muchos municipios presentan rezagos en la actualización e implementación efectiva de los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV), lo que conlleva descargas de aguas residuales sin tratamiento adecuado y, por tanto, con deterioro progresivo de las fuentes receptoras. Asimismo, el seguimiento a los planes de manejo ambiental durante la fase de construcción de obras públicas es variable y depende en gran medida de la capacidad técnica de las CAR. Estas debilidades suponen impactos acumulativos en cuencas estratégicas y aumentan la probabilidad de conflictos socioambientales asociados al uso del recurso hídrico.

Es importante resaltar, además, que las mayores brechas del sector se concentran en zonas rurales y dispersas. Según el Banco Mundial (2016), la cobertura de tratamiento de aguas residuales en áreas rurales es significativamente inferior a la urbana, y numerosos sistemas comunitarios operan sin formalización jurídica o asistencia técnica permanente, por lo que la gestión comunitaria del agua, aunque constituye un modelo relevante en Colombia, requiere fortalecimiento institucional, capacitación técnica y acompañamiento continuo para garantizar estándares mínimos de calidad y sostenibilidad ambiental (DNP, 2018). Sin este apoyo, los sistemas tienden a presentar fallas estructurales, contaminación de fuentes y baja resiliencia frente a eventos extremos.

Por último, es preciso anotar que el cambio climático introduce presiones adicionales sobre la infraestructura hídrica. El aumento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, como sequías prolongadas y lluvias intensas, afecta la disponibilidad y calidad del recurso hídrico (IDEAM, 2017). Sin embargo, la incorporación de criterios de adaptación climática en el diseño y operación de obras de acueducto y alcantarillado aún es incipiente en numerosos territorios.

La falta de integración sistemática entre planificación hídrica y gestión del riesgo limita la resiliencia de los sistemas y aumenta la vulnerabilidad de comunidades rurales y periurbanas.

En cuanto a la gestión ambiental y el control regulatorio Colombia cuenta con un marco normativo robusto en materia ambiental, incluyendo normatividad sobre vertimientos, calidad del agua y gestión integral del recurso hídrico.



INTRODUCCIÓN A LAS FICHAS DE MANEJO AMBIENTAL PARA PROYECTOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO

- En este capítulo se presentan las fichas de manejo ambiental, una herramienta técnica, administrativa y operativa diseñada para orientar la gestión ambiental durante las fases de planeación, construcción y operación de proyectos de acueducto, alcantarillado y aseo. Estas fichas proponen objetivos concretos y prácticas aplicables a diferentes actividades del proyecto, con el fin de promover la sostenibilidad y mitigar los impactos negativos sobre el entorno natural y social.

Las medidas establecidas en estas fichas deben ser acogidas de manera obligatoria por el titular del proyecto, así como por los contratistas e interventores, quienes comparten la responsabilidad de implementar acciones que prevengan, mitiguen o compensen los impactos ambientales en los componentes abióticos (suelo, aire, agua), bióticos (fauna, flora) y sociales del medio receptor (ANLA, 2020; MinAmbiente, 2023).

Las fichas de manejo ambiental, en este sentido, complementan los términos, condiciones y obligaciones ambientales que rigen cada intervención, y deben ser aplicadas siempre que no contravengan lo dispuesto en las autorizaciones emitidas por la autoridad ambiental competente (Decreto 1076 de 2015, art. 2.2.2.3.2.1).

La formulación de estas fichas debe surgir del análisis ambiental realizado durante la etapa de planificación y diseño del proyecto, teniendo como eje principal la identificación de los riesgos ambientales potenciales y la implementación de medidas para controlar, minimizar y prevenir los efectos adversos sobre el entorno. De este modo se garantiza una ejecución responsable de las obras y se fortalece la sostenibilidad de los servicios de agua y saneamiento, en concordancia con los principios de desarrollo sostenible establecidos por la política ambiental nacional (MinAmbiente, 2022).

Cada ficha se estructuró de la siguiente forma:

- **Objetivo:** define la actividad que se desea controlar y el alcance de las medidas por aplicar.
- **Impactos potenciales:** identifican las consecuencias ambientales que puede dar como resultado la actividad correspondiente.
- **Componentes de aplicación:** fijan a qué componente del sistema se aplica.
- **Medidas de mitigación:** describe las principales medidas de control que hacen parte del proceso objeto de la ficha.

- **Acciones por desarrollar:** se describen una serie de acciones tendientes a prevenir, y mitigar los impactos y efectos negativos que la actividad puede causar.
- **Momento de implementación:** se indica en qué momento se debe ejecutar el plan de control.
- **Responsable:** Establece la persona o personas responsables de la ejecución de las actividades de control y mitigación.
- **Monitoreo y control:** Establece las actividades de control y registros necesarios para la evaluación de la efectividad de las medidas aplicadas.
- Son 35 las fichas técnicas de buenas prácticas presentadas, y se distribuyen de la siguiente manera:

Las fichas técnicas numeradas desde la 1 hasta la 29, aplican principalmente durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento de las obras de acueducto y alcantarillado.

Las fichas técnicas numeradas desde la 30 hasta la 35 aplican principalmente durante la etapa de construcción, operación y mantenimiento de las obras de rellenos y sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos, cuando no requieren de licenciamiento ambiental de conformidad con la Resolución 1257 del 2021, por la cual se modifica la Resolución 0472 de 2017 sobre la gestión integral de residuos de construcción y demolición (RCD) y se adoptan otras disposiciones.

Fichas técnicas de buenas prácticas Sistemas de Acueducto Alcantarillado y Aseo (AAA)

- **Ficha 1.** Concesiones y permisos.
- **Ficha 2.** Identificación del área de influencia directa del proyecto.
- **Ficha 3.** Manejo de campamentos y frentes de obra.
- **Ficha 4.** Manejo y disposición de residuos líquidos y aguas lluvias -fase construcción
- **Ficha 5.** Movimientos de tierra.
- **Ficha 6.** Disposición de material sobrante.
- **Ficha 7**. Remoción y manejo de cobertura vegetal y descapote.

- **Ficha 8.** Bloqueo de árboles, rescate de brinzales y manejo de residuos provenientes de las podas.
- **Ficha 9.** Apertura de zanjas, instalación de tuberías y accesorios – fase construcción
- **Ficha 10.** Protección de fuentes de agua – Fase construcción
- **Ficha 11.** Implementación de obras de protección geotécnica – fase construcción
- **Ficha 12.** Adecuación de vías – fase construcción
- **Ficha 13.** Movilización de equipos – fases de construcción y mantenimiento.
- **Ficha 14.** Control de emisiones a la atmósfera y ruido – fases de construcción, operación y mantenimiento.
- **Ficha 15.** Arborización de áreas intervenidas y de conservación
- **Ficha 16.** Monitoreo y control - fases de construcción, operación y mantenimiento.
- **Ficha 17.** Manejo de materiales peligrosos - fases de construcción, operación y mantenimiento.
- **Ficha 18.** Plan de emergencias ambientales - fases de construcción, operación y mantenimiento.
- **Ficha 19.** Manejo de Fauna y Flora
- **Ficha 20.** Limpieza final de la obra
- **Ficha 21.** Manejo de residuos ordinarios y aprovechables – fase operación
- **Ficha 22.** Manejo de residuos peligrosos
- **Ficha 23.** Uso racional y ahorro de agua potable - Fase operación
- **Ficha 24.** Uso racional y ahorro de energía - Fase operación
- **Ficha 25.** Operación de sistemas de acueducto en situación normal.
- **Ficha 26.** Operación de sistemas de alcantarillado en situación normal
- **Ficha 27.** Operación sistemas de tratamiento de aguas residuales en situación normal fase operación

- **Ficha 28.** Operación sistema de tratamiento de aguas residuales en situación de emergencia.
- **Ficha 29.** Capacitación y sensibilización ambiental

Fichas técnicas gestión integral de residuos sólidos

- **Ficha 30.** Diseño y construcción de sistemas de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos inorgánicos separados en la fuente.
- **Ficha 31.** Diseño y construcción del sistema de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos (orgánicos biodegradables separados en la fuente y con recolección selectiva
- **Ficha 32.** Diseño y construcción de sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos (orgánicos biodegradables separados en la fuente y con recolección selectiva)
- **Ficha 33.** Operación del sistema de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos inorgánicos separados en la fuente en condiciones normales.
- **Ficha 34.** Operación del sistema de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos biodegradables separados en la fuente en condiciones normales.
- **Ficha 35.** Operación de los sistemas de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos en situación de emergencia

Se presentan las fichas de manejo ambiental, una herramienta técnica, administrativa y operativa diseñada para orientar la gestión ambiental durante las fases de planeación, construcción y operación de proyectos de acueducto, alcantarillado y aseo.

1 Ficha técnica ambiental

Nombre: concesiones y permisos ambientales.

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: tramitar y obtener las autorizaciones ambientales requeridas antes del comienzo del proyecto.

⚠ Impactos potenciales: afectación ambiental no prevista, conflictos sociales, uso indebido de sitios.

✓ Medidas recomendadas: tramitar permisos, conocer normativas, coordinar con autoridades y comunidad.

📅 Momento de implementación: antes del comienzo de la obra.

👤 Responsable: dueño del proyecto, contratista e interventoría.

📊 Monitoreo y verificación: lista de chequeo, actos administrativos vigentes.

📈 Indicador: trámites obtenidos / trámites requeridos × 100 %.

2 Ficha técnica ambiental

Nombre: identificación del área de influencia directa del proyecto

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: delimitar el entorno del proyecto para prever impactos potenciales.

⚠ Impactos potenciales: incumplimiento legal, demoras, sanciones, pérdida de licencias, conflictos comunitarios.

✓ Medidas recomendadas: levantamiento técnico, identificación de áreas sensibles y proveedores autorizados.

📅 Momento de implementación: antes del inicio de la obra.

👤 Responsable: dueño del proyecto, contratista e interventoría.

📊 Monitoreo y verificación: inventarios, actas de inspección, registros fotográficos.



📈 Indicador: número de sitios identificados / Total de sitios utilizados × 100 %.

3 Ficha técnica ambiental

Nombre: manejo de campamentos y frentes de obra.

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: ubicar, operar y cerrar adecuadamente los campamentos de obra.



⚠ Impactos potenciales: contaminación, residuos, afectaciones comunitarias y del entorno.

✓ Medidas recomendadas: planificación de zonas, sistemas sanitarios adecuados, gestión de residuos.



📅 Momento de implementación: durante la fase de obra y construcción.

👤 Responsable: contratista e interventoría.

📊 Monitoreo y verificación: planos, registros de residuos, mantenimientos.



📈 Indicador: campamentos con disposición adecuada / Total de campamentos × 100 %.

4 Ficha técnica ambiental

Nombre: manejo y disposición de residuos líquidos y aguas lluvias. Fase de construcción

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: evacuar adecuadamente las aguas residuales y lluvias.

⚠ Impactos potenciales: contaminación de suelos, cuerpos de agua, olores.



✓ Medidas recomendadas: separación de aguas, uso de desarenadores, trampas de grasa.

📅 Momento de implementación: durante la fase de construcción y operación.

👤 Responsable: contratista y dueño del proyecto.

📊 Monitoreo y Verificación: registros de caudal, DBO, SST, TDS.



📈 Indicador: porcentaje de aguas manejadas conforme a norma.

5 Ficha técnica ambiental

Nombre: movimientos de tierra

Carácter: ambiental

Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: mitigar los efectos negativos del movimiento de tierras.



⚠ Impactos potenciales: erosión, escorrentía, material particulado, alteración del paisaje.

✓ Medidas recomendadas: retiro de capa vegetal, taludes estables, humedecimiento, disposición adecuada.



📅 Momento de implementación: durante toda la etapa constructiva.

👤 Responsable: contratista y dueño del proyecto.

📊 Monitoreo y verificación: volumen de excavación, fotografías antes y después.

📈 Indicador: volumen dispuesto adecuadamente / volumen total × 100 %.

6 Ficha técnica ambiental

Nombre: disposición de material sobrante.

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: determinar las medidas para el manejo de materiales producto de excavaciones.



⚠ Impactos potenciales: arrastre de sólidos, contaminación de aguas, ruido, erosión, alteración morfológica del terreno.

✓ Medidas recomendadas: transporte en volquetas selladas, acopio temporal cubierto, disposición en escombreras autorizadas, señalización de zonas.

📅 Momento de implementación: durante la etapa de construcción.

👤 Responsable: contratista y dueño del proyecto.

📊 Monitoreo y verificación: registros de volúmenes transportados y disposición autorizada.

📈 Indicador: volumen dispuesto adecuadamente / volumen total excavado × 100 %.

7 Ficha técnica ambiental

Nombre: remoción y manejo de cobertura vegetal y descapote

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: preservar el paisaje y evitar erosión mediante recuperación vegetal.



⚠ Impactos potenciales: erosión, aridez, afectación paisajística, emisiones y ruido.

✓ Medidas recomendadas: manejo temporal del suelo fértil, empradización, escarificación, revegetalización con especies nativas.

📅 Momento de implementación: durante la etapa de construcción.

👤 Responsable: contratista y dueño del proyecto.

📊 Monitoreo y verificación:Inspecciones semanales de áreas intervenidas.



📈 Indicador: área restaurada / área intervenida × 100 %.

8 Ficha técnica ambiental

Nombre: bloqueo de árboles, rescate de briznales y manejo de residuos de poda.

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: proteger árboles y vegetación durante las obras y manejar adecuadamente los residuos vegetales.



⚠ Impactos potenciales: muerte de vegetación, contaminación, formación de focos de infección y combustión.

✓ Medidas recomendadas: técnica de bloqueo para trasplante, rescate y reubicación de brinzales, manejo adecuado de residuos vegetales.

📅 Momento de implementación: durante la etapa de construcción.

👤 Responsable: contratista y dueño del proyecto.

📊 Monitoreo y Verificación: registros de árboles, residuos y especies rescatadas.



📈 Indicador: autorizaciones de poda otorgadas / requeridas × 100%.

9 Ficha técnica ambiental

Nombre: apertura de zanjas, instalación de tuberías y accesorios - fase construcción

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ✓ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: minimizar impactos por excavaciones y rellenos en instalación de redes.



⚠ Impactos potenciales: desconfinamiento del suelo, emisiones de polvo, ruido, sedimentación.

✓ Medidas recomendadas: control en transporte y acopio de tuberías, excavación progresiva, protección de zanjas, disposición inmediata del material sobrante.

📅 Momento de implementación: durante la etapa de construcción.

👤 Responsable: contratista y dueño del proyecto.

📊 Monitoreo y verificación: registros de excavación, relleno y metros de tubería instalados.



📈 Indicador: zanjas instaladas y cerradas diariamente / zanjas abiertas × 100 %.

10 Ficha técnica ambiental

Nombre: protección de fuentes de agua

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ✓ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: evitar la contaminación y degradación de cuerpos de agua durante las obras.



⚠ Impactos potenciales: sedimentación, erosión, residuos líquidos y sólidos en cuerpos de agua.

✓ Medidas recomendadas: desarenadores, cunetas, filtros, mantenimiento de maquinaria, manejo seguro de vertimientos.



📅 Momento de implementación: durante la etapa de construcción.

👤 Responsable: contratista y dueño del proyecto

📊 Monitoreo y verificación: registros de estructuras de control y estado de maquinaria



📈 Indicador: N.° de acciones correctivas / N.° total de controles planificados × 100 %.

11 Ficha técnica ambiental

Nombre: implementación de obras de protección geotécnica. Fase de construcción

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ✓ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: aplicar medidas de manejo ambiental para la protección geotécnica de zonas inestables.



⚠ Impactos potenciales: erosión, deslizamientos, afectación del paisaje, contaminación del agua.

✓ Medidas recomendadas: construcción de trinchos, gaviones, control de erosión, revegetalización, disposición adecuada de sobrantes.

📅 Momento de implementación: durante toda la ejecución de la obra.

👤 Responsable: contratista y dueño del proyecto.



📊 Monitoreo y verificación: supervisión de zonas inestables, registros fotográficos.

📈 Indicador: eventos geotécnicos mitigados / Total de zonas críticas identificadas × 100 %.

12 Ficha técnica ambiental

Nombre: adecuación de vías - fase de construcción

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ✓ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: controlar los efectos ambientales derivados de la adecuación de vías de acceso.



⚠ Impactos potenciales: erosión, emisión de gases y partículas, inestabilidad de taludes, ruido.

✓ Medidas recomendadas: obras de drenaje, revegetalización, obras de contención, permisos previos.

📅 Momento de implementación: durante toda la ejecución de la obra.

👤 Responsable: contratista y dueño del proyecto.

📊 Monitoreo y verificación: inspecciones y seguimiento a zonas intervenidas.



📈 Indicador: área restaurada / área afectada × 100 %.

13 Ficha técnica ambiental

Nombre: movilización de equipos. Fases de construcción y mantenimiento.

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ☐ | Correctiva ☐ | Mitigación ✓ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: mitigar los impactos generados por la movilización de maquinaria y equipos.



⚠ Impactos potenciales: emisión de gases, derrames, contaminación de suelos, enlodamiento de vías.

✓ Medidas recomendadas: rutas definidas, control de emisiones, lavado de llantas, mantenimiento preventivo.

📅 Momento de implementación: durante la construcción y mantenimiento.

👤 Responsable: contratista y jefe de mantenimiento.

📊 Monitoreo y verificación: Inventario de equipos, registros de mantenimiento.



📈 Indicador: quejas / total de operaciones de movilización × 100 %.

14 Ficha técnica ambiental

Nombre: control de emisiones a la atmósfera y ruido – fases de construcción, operación y mantenimiento.

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ☐ | Correctiva ✓ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: establecer medidas para minimizar emisiones atmosféricas y ruidos durante el proyecto.



⚠ Impactos potenciales: afectación a la salud, molestias a la comunidad, incumplimiento normativo.

✓ Medidas recomendadas: horarios definidos, mantenimiento de maquinaria, barreras de ruido, humectación de vías.



📅 Momento de implementación: durante construcción, operación y mantenimiento.

👤 Responsable: contratista y jefe de mantenimiento.

📊 Monitoreo y verificación: medición de niveles de ruido y partículas, certificados técnicos.



📈 Indicador: Mediciones dentro de norma / total de mediciones × 100%.

15 Ficha técnica ambiental

Nombre: arborización de áreas intervenidas y de conservación

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ☐ | Correctiva ✓ | Mitigación ☐ | Compensación ✓

🎯 Objetivo: recuperar cobertura vegetal, mejorar el paisaje y evitar procesos erosivos.

⚠ Impactos potenciales: erosión, pérdida de biodiversidad, afectación estética.

✓ Medidas recomendadas: análisis de suelo, selección de especies nativas, siembra en época de lluvias, mantenimiento.



📅 Momento de implementación: al finalizar la construcción y durante la operación.

👤 Responsable: contratista y dueño del proyecto.

📊 Monitoreo y verificación: Seguimiento a plántulas, porcentaje de supervivencia.



📈 Indicador: árboles vivos / árboles sembrados × 100%.

16 Ficha técnica ambiental

Nombre: monitoreo y control ambiental - fase contrucción, operación y mantenimiento.

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ✓ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: informar, orientar y advertir sobre riesgos ambientales en las áreas de obra.



⚠ Impactos potenciales: accidentes laborales, desconocimiento de medidas de manejo, daño a zonas protegidas.

✓ Medidas recomendadas: ubicación visible de señales, uso de símbolos reconocibles, actualización permanente de información.



📅 Momento de implementación: antes,durante toda la obra y en la operación.

👤 Responsable: contratista y encargado HSEQ.

📊 Monitoreo y verificación: inspecciones de campo, inventario de señales instaladas.



📈 Indicador: señales instaladas / señales requeridas × 100%.

17 Ficha técnica ambiental

Nombre: manejo de materiales peligrosos-fases de construcción, operación y mantenimiento.

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ✓ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: evitar la contaminación del suelo y cuerpos de agua por sustancias peligrosas.



⚠ Impactos potenciales: derrames, intoxicaciones, incendios, daños a la salud y al ambiente.

✓ Medidas recomendadas: almacenamiento en zonas seguras, señalización, uso de fichas de seguridad, capacitación.



📅 Momento de implementación: durante toda la obra.

👤 Responsable: contratista y encargado ambiental.

📊 Monitoreo y verificación: inventario de sustancias, registros de manejo y capacitaciones.



📈 Indicador: incidentes registrados / total de operaciones con materiales peligrosos × 100 %.

18 Ficha técnica ambiental

Nombre: plan de emergencias ambientales- fases de construcción, operación y mantenimiento.

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ✓ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: establecer protocolos ante incidentes ambientales para minimizar daños.



⚠ Impactos potenciales: contaminación, daños a ecosistemas, riesgos a la salud.

✓ Medidas recomendadas: diseños de plan , simulacros, kits de emergencias, capacitación constante.



📅 Momento de implementación: antes del comienzo, durante la obra, la operación y el mantenimiento.

👤 Responsable: contratista, brigada ambiental, interventoria.

📊 Monitoreo y verificación: registros de simulacros, evaluación de respuestas, actualización del plan.



📈 Indicador: simulacros / planificados x 100 %.

19 Ficha técnica ambiental

Nombre: manejo de flora y fauna

Carácter: ambiental



Tipo de medida:Preventiva ✓ | Correctiva ✓ | Mitigación ✓ | Compensación ✓

🎯 Objetivo: minimizar el impacto sobre especies de flora y fauna presentes en el área.



⚠ Impactos potenciales: pérdida de la biodiversidad, desplazamiento de fauna, fragmentación de hábitats.

✓ Medidas recomendadas: inventario de especies, rescate y reubicación, restricciones de acceso a zonas sensibles.



📅 Momento de implementación: durante la fase de construcción.

👤 Responsable: contratista y profesional ambiental.

📊 Monitoreo y verificación: registros de rescate, reporte de avistamientos, inspecciones.



📈 Indicador: especies reubicadas / especies afectadas x 100 %.

20 Ficha técnica ambiental

Nombre: limpieza final de la obra

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ✓ | Mitigación ✓ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: establecer medidas para el retiro de todos los residuos producto de las obras de construcción, de tal manera que se cuente con condiciones óptimas al finalizar y entregar la obra.

⚠ Impactos potenciales: alteración del paisaje y zonas verdes, proliferación de focos de disposición inadecuada de residuos sólidos, contaminación del aire.

✓ Medidas recomendadas: los residuos y material sobrante de la obra se podrán reciclar o disponer en escombreras autorizadas, respetando la normatividad ambiental vigente. Se debe efectuar la limpieza inmediata de las zonas en las que se depositen desechos de construcción.

📅 Momento de implementación: al finalizar actividades de construcción.

👤 Responsable: contratista y equipo ambiental.

📊 Monitoreo y verificación: seguimiento de disposición total de los sobrantes de la obra.



📈 Indicador: residuos correctamente dispuestos / residuos totales generados x 100 %.

21 Ficha técnica ambiental

Nombre: manejo de residuos ordinarios y aprovechables. Fase de operación.

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ✓ | Mitigación ✓ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: gestionar adecuadamente los residuos sólidos para minimizar impactos negativos.



⚠ Impactos potenciales: contaminación del suelo y agua, proliferación de vectores, desorden de obra.

✓ Medidas recomendadas: separación en la fuente, almacenamiento temporal, disposición en sitios autorizados, aprovechamiento y reciclaje.



📅 Momento de implementación: durante toda la obra.

👤 Responsable: contratista y equipo ambiental.

📊 Monitoreo y verificación: registros de residuos generados, evidencia fotografíca, informes de disposición.



📈 Indicador: residuos correctamente dispuestos / residuos totales generados x 100 %.

22 Ficha técnica ambiental

Nombre: manejo de residuos peligrosos

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ✓ | Mitigación ✓ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: controlar el almacenamiento, transporte y disposición segura de residuos peligrosos.



⚠ Impactos potenciales: riesgos para la salud, contaminación ambiental, sanciones legales.

✓ Medidas recomendadas: identificación y rotulación, almacenamiento en recipientes adecuados, disposición con gestores autorizados.



📅 Momento de implementación: durante toda la obra.

👤 Responsable: contratista y responsable HSEQ.

📊 Monitoreo y verificación: manifiestos de recolección, seguimiento a gestores, registro de generación.



📈 Indicador: residuos peligrosos dipuestos correctamente / residuos peligrosos generados x 100 %.

23 Ficha técnica ambiental

Nombre: uso racional y ahorro de agua potable. Fase de operación.

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ✓ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: reducir el consumo de agua potable en las actividades de obra.



⚠ Impactos potenciales: desperdicio del recurso, aumento de costtos, presión sobre fuentes hídricas.

✓ Medidas recomendadas: reutilización de aguas grises, control de fugas, campañas de sensibilización, medidores de consumo.



📅 Momento de implementación: durante toda la obra.

👤 Responsable: contratista y encargado de obra.

📊 Monitoreo y verificación: lecturas de medidores, reporte de consumos, actas de revisión.



📈 Indicador: reducción del consumo mensual frente al promedio base x 100 %.

24 Ficha técnica ambiental

Nombre: uso racional y ahorro de energía. Fase de operación.

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ✓ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: disminuir el consumo energético mediante prácticas eficientes.



⚠ Impactos potenciales: altos costos operativos, generación de emisiones indirectas.

✓ Medidas recomendadas: equipos eficientes, apagado de sistemas no utilizados, uso de energías renovables, mantenimiento preventivo.



📅 Momento de implementación: durante toda la obra.

👤 Responsable: contratista y jefe de mantenimiento.

📊 Monitoreo y verificación: facturas, lecturas, reportes eficientes.



📈 Indicador: consumo mensual optimizado / consumo promedio inicial x 100 %.

25 Ficha técnica ambiental

Nombre: operación del sistema de acueducto en situación normal

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ✓ | Mitigación ✓ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: establecer las medidas de control ambiental a tener en cuenta durante la etapa de operación normal en un sistema de acueducto.



⚠ Impactos potenciales: pérdida del agua, deterioro de la calidad del agua, incomodidad a la comunidad, aumento de decibeles.

✓ Medidas recomendadas: verificación periódica del caudal, actualización de los registros de caudal.



📅 Momento de implementación: durante toda la obra.

👤 Responsable: persona prestadora del servicio.

📊 Monitoreo y verificación: informes, registros.



📈 Indicador: caudal captado / caudal tratado x 100 %.

26 Ficha Técnica ambiental

Nombre: operación del sistema de alcantarillado en situación normal

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: establecer las medidas de control ambiental por tener en cuenta durante la etapa de operación normal en un sistema de alcantarillado.



⚠ Impactos potenciales: contaminación del recurso hídrico, contaminación por ruido, discontinuidad del servicio.

✓ Medidas recomendadas: inspección periódica, verificación del estado de pozos, mantenimiento adecuado, disposición técnica de residuos sólidos y líquidos.



📅 Momento de implementación: durante toda la obra.

👤 Responsable: persona prestadora del servicio.

📊 Monitoreo y verificación: informe y evidencias del monitoreo por realizar.



📈 Indicador: indicadores construidos con base en la información suministrada al Sistema Único de Información (SUI), administrado por la SSPD.

27 Ficha técnica ambiental

Nombre: operación del sistema de tratamiento de aguas residuales

Carácter: ambiental y de gestión



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: establecer las medidas de control ambiental por tener en cuenta durante la etapa de operación normal en un sistema de tratamiento de aguas residuales.



⚠ Impactos potenciales: contaminación del agua y del suelo, proliferación de vectores, afectaciones a la salud.

✓ Medidas recomendadas: plan de contingencia, control diario del caudal, caracterización periódica y stock de materiales.



📅 Momento de implementación: durante toda la obra.

👤 Responsable: interventor

📊 Monitoreo y verificación: envíos de informes a la SSPD, registros de cantidad y calidad del agua a la autoridad ambiental.



📈 Indicador: DBO, SST, turbiedad, coliformes totales y fecales frente a la norma de vertimientos.

28 Ficha técnica ambiental

Nombre: operación del sistema de tratamiento de aguas residuales en situación de emergencia.

Carácter: ambiental y de gestión



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: establecer medidas de control ambiental para tener en cuenta durante la etapa de operación en situación de emergencia del sistema de tratamiento de aguas residuales.



⚠ Impactos potenciales: contaminación del agua y del suelo, proliferación de vectores, afectaciones a la salud.

✓ Medidas recomendadas: protocolo de atención de emergencias, informar a las autoridades competentes, aislar la zona afectada.



📅 Momento de implementación: durante todo el tiempo que dure la emergencia.

👤 Responsable: persona prestadora del servicio.

📊 Monitoreo y verificación: envíos de informes a las autoridades competentes.



📈 Indicador: medidas de control ambiental implementadas en la PTAR / Medidas de Control Ambiental identificadas en la PTAR * 10 m.

29 Ficha técnica ambiental

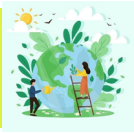
Nombre: capacitación y sensibilización ambiental

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ✓ | Mitigación ✓ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: fomentar la cultura ambiental en personal involucrado en la obra



⚠ Impactos potenciales: falta de cumplimiento de medidas ambientales, generación de impactos por desconocimiento

✓ Medidas recomendadas: charlas periódicas, inducción ambiental, material didáctico, participación.



📅 Momento de implementación: durante toda la obra.

👤 Responsable: contratista y profesional HSEQ.

📊 Monitoreo y verificación: listas de asistencia, encuentas de evaluación, registro fotográfico.



📈 Indicador: número de trabajadores capacitados / total de trabajadores x 100 %.

30 Ficha técnica ambiental

Nombre: diseño y construcción de sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos inorgánicos.

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: prevenir impactos ambientales en el diseño, construcción y operación de sitios de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos inorgánicos.

⚠ Impactos potenciales: generación de ruido, acumulación de residuos y presencia de vectores, contaminación por emisión de partículas, afectación a la salud del personal.



✓ Medidas recomendadas: barreras vivas, ubicación distante a sitios habitacionales, medidas de acuerdo al PGIRS local, limpieza y mantenimiento regular, control de vectores y emisiones.

📅 Momento de implementación: durante la construcción y operación.

👤 Responsable: dueño del proyecto, el ejecutor y el interventor ambiental.

📊 Monitoreo y verificación: registro de quejas, registro de daños o mantenimientos, informes de cumplimiento.



📈 Indicador: quejas escritas y verbales.

31 Ficha técnica ambiental

Nombre: diseño y construcción de sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: prevenir impactos ambientales en el diseño, construcción y operación de sitios de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos.

⚠ Impactos potenciales: generación de ruido, acumulación de residuos y presencia de vectores, contaminación por emisiones de olores, afectación a la salud del personal.



✓ Medidas recomendadas: barreras vivas, ubicación distante a sitios habitacionales, compatibilidad con uso de suelo, cumplimiento PGIRS local, limpieza y mantenimiento regular, control de vectores y emisiones.

📅 Momento de implementación: durante la construcción y operación.



👤 Responsable: dueño del proyecto, el ejecutor y el interventor ambiental.

📊 Monitoreo y verificación: registro de quejas, registro de daños o mantenimientos, informes de cumplimiento.



📈 Indicador: quejas escritas y verbales.

32 Ficha técnica ambiental

Nombre: diseño y construcción de sistemas de aprovechamiento de reisudos sólidos (orgánicos biodegradable separados en la fuente y con recolección selectiva).

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: establecer las medidas técnicas requeridas para la construcción de sistemas de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos biodegradables como actividad complementaria del servicio público de aseo.



⚠ Impactos Potenciales: acumulación de residuos sólidos, presencia de vectores y valoración paisajística negativa. Contaminación por emisiones.

✓ Medidas Recomendadas: efectuar limpieza y mantenimiento regular de las áreas de recibo y almacenamiento de los residuos sólidos orgánicos biodegradables separados en la fuente, así como de las zonas en las cuales se hace el almacenamiento de los insumos.

📅 Momento de implementación: durante la construcción del proyecto.



👤 Responsable: dueño del proyecto, el ejecutor y el interventor ambiental.

📊 Monitoreo y verificación: registro de pesaje, informes de cumplimiento.



📈 Indicador: cantidad de residuos sólidos orgánicos biodegradables aprovechados / Cantidad de residuos sólidos orgánicos biodegradables generados * 100%. Cantidad de residuos sólidos orgánicos biodegradables valorados / Cantidad de residuos sólidos orgánicos biodegradables aprovechados. * 100%.

33 Ficha técnica ambiental

Nombre: operación del sistema de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos inorgánicos separados en la fuente en condiciones normales.

Carácter: ambiental 

Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: establecer medidas de control ambiental durante la etapa de operación en situación normal en las actividades de manipulación, transformación y valorización de los residuos inorgánicos y de las materias primas secundarias obtenidas.

⚠ Impactos potenciales: ruido y vibraciones, emisiones de gases y vapores (olores) y material particulado, generación de vectores.
Generación de vertimientos (aguas residuales). Modificación del valor de propiedades y predios.
Desarrollo de actividades informales de gestión de residuos en zonas contiguas al sistema.



✓ Medidas recomendadas: control del ruido, control de emisiones particuladas, control de vectores, control de vertimientos.

📅 Momento de implementación: durante las etapas de operación del sistema.

👤 Responsable: dueño del proyecto, el ejecutor y el interventor ambiental.



📊 Monitoreo y verificación: registro de quejas, inventario y registro de mediciones. Presentación de informes a la autoridad ambiental competente.

📈 Indicador: Valor medido/norma ambiental correspondiente.
Cantidad de residuos sólidos inorgánicos transformados / Cantidad de residuos sólidos inorgánicos generados. * 100%
Cantidad de residuos sólidos inorgánicos valorados / Cantidad de residuos sólidos inorgánicos transformados. * 100%

34 Ficha técnica ambiental

Nombre: operación del sistema de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos separados en la fuente en condiciones normales

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: establecer medidas de control ambiental durante la etapa de operación en situación normal en las actividades de manipulación, transformación y valorización de los residuos orgánicos y de las materias primas secundarias obtenidas.

⚠ Impactos potenciales: ruido y vibraciones; emisiones de gases y vapores (olores) y material particulado; generación de vectores.
Generación de vertimientos (aguas residuales). Modificación del valor de propiedades y predios.
Desarrollo de actividades informales de gestión de residuos en zonas contiguas al sistema.



✓ Medidas recomendadas: control del ruido, control de emisiones particuladas, control de vectores, sistema de drenaje para el manejo de aguas lluvias, control de vertimientos.

📅 Momento de implementación: durante las etapas de operación del sistema.

👤 Responsable: dueño del proyecto, el ejecutor y el interventor ambiental.



📊 Monitoreo y verificación: registro de quejas, inventario y registro de mediciones. Presentación de informes a la autoridad ambiental competente.

📈 Indicador: Valor medido/norma ambiental correspondiente.
Cantidad de residuos sólidos orgánicos transformados / Cantidad de residuos sólidos inorgánicos generados. * 100%
Cantidad de residuos sólidos orgánicos valorados / Cantidad de residuos sólidos inorgánicos transformados. * 100%

35 Ficha técnica ambiental

Nombre: operación de los sistemas de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos en situación de emergencia

Carácter: ambiental



Tipo de medida: Preventiva ✓ | Correctiva ☐ | Mitigación ☐ | Compensación ☐

🎯 Objetivo: establecer medidas de control ambiental para tener en cuenta durante la etapa de operación en situación de emergencia de los sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos.

⚠ Impactos potenciales: contaminación de fuentes superficiales, contaminación de suelos, generación de vectores en el área, afectación de la comunidad.



✓ Medidas recomendadas: establecer un plan de acción que incluya la disposición de los residuos sólidos en un relleno sanitario y la evacuación de las materias primas secundarias obtenidas del proceso. Traslado del agua residual no tratada a una instalación adecuada mediante el empleo de unidades móviles de almacenamiento. Desarrollo de acciones de remediación en caso de derrames en suelo. Realizar actividades intensivas de control de vectores mediante implementación de trampas.

📅 Momento de implementación: durante todo el tiempo que dure la situación de emergencia en el sistema.

👤 Responsable: prestadora del servicio.



📊 Monitoreo y verificación: informes a la autoridad competente reportando la emergencia y presentando resultados de las actividades desarrolladas.

📈 Indicador: medidas de control ambiental implementadas / medidas de control ambiental definidas *100 %.



REFERENCIAS

Acosta, A. (2019). *Infraestructura sostenible en América Latina*. Ambiente.

Agencia Alemana de Cooperación Internacional. (2020). *Educación ambiental y tecnologías digitales: Guía de implementación*. Cooperación Alemana.

Agencia Nacional de Licencias Ambientales. (2020). *Guía para el seguimiento ambiental de proyectos sin licenciamiento*. https://www.anla.gov.co

Agencia Nacional de Licencias Ambientales. (2022). *Centro de Monitoreo Ambiental*. Nuevo modelo de licenciamiento Ambiental. https://www.anla.gov.co/01_anla/proyectos/nuevo-licenciamiento-ambiental/planeacion-del-proyecto-obra-o-actividad

Alcaldía de Barranquilla. (2021). *Informe de implementación de infraestructura verde en drenajes urbanos.*

Asociación Nacional de Empresarios de Colombia. (2018). *Metodología estudios ambientales*. ANDI.

Banco Interamericano de Desarrollo. (2018). *Participación comunitaria en proyectos de infraestructura sostenible*. BID.

Banco Interamericano de Desarrollo. (2022). *Repositorio de proyectos de infraestructura sostenible*. https://www.bid.org/proyectos-sostenibles

Bayona Moreno, L. M. (2017). *Gestión de riesgos ambientales para oleoductos en Colombia.* https://repository.uamerica.edu.co/items/50cc2691-5515-41f8-8d56-6ffa67652d6b

Benavides, M. (2020). *Gestión ambiental en proyectos de agua*. Universidad Nacional.

Breava, G. (2021). *Participación comunitaria y sensibilización ambiental en proyectos hídricos sostenibles*. Ambiental.

Cabrera Rosero, A. (2021). *Evaluación del uso de los drones como herramienta de apoyo para un efectivo control y monitoreo de páramos en Colombia.* Universidad de Antioquia. http://hdl.handle.net/10495/24678

Canter, L. W., y Sadler, B. (1997). *A tool kit for effective EIA practice: Review of methods and perspectives on their application*. International Association for Impact Assessment (IAIA).

Cardona, A., y Díaz, M. (2022). Humedales artificiales y participación comunitaria en el Pacífico colombiano. *Revista Colombiana de Ingeniería Ambiental, 23*(2), 45-59.

Carrasco, L. (2018). *Buenas prácticas en servicios públicos*. Fondo Editorial Sostenibilidad.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2024). *Al cierre de 2024 CAR sobrevoló con drones de última generación cerca de 160 kilómetros del río Bogotá.* https://www.car.gov.co/saladeprensa/al-cierre-de-2024-car-sobrevolo-con-drones-de-ultima-generacion-cerca-de-160-kilometros-del-rio-bogota

Cuartas Espitia, T., y Añasco Rivera, L. M. (2025). *Adaptación de la ISO 31000 al sector petrolero: El caso de ECOPETROL S. A*. Universidad Libre.

Decreto 2820 de 2010 (5 de agosto de 2010), por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. *Diario Oficial 47.792* . https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/decreto-2820-2010.pdf

Decreto 1072 de 2015 (26 de mayo de 2015), por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. *Diario Oficial 49523.* https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173

Decreto 1076 de 2015 (26 de mayo de 2015), por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector ambiental. *Diario Oficial 49523*. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Decreto-1076-de-2015.pdf

Decreto 1076 de 2015 (26 de mayo), por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Diario Oficial* No. 49.523. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2022). Informe de sostenibilidad 2022. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

Empresas Públicas de Medellín. (2021). Memoria técnica del proyecto de renovación de alcantarillado del Valle de Aburrá. EPM.

García, P., Rodríguez, H., y Suárez, L. (2022). Gestión integral de residuos en proyectos de infraestructura: retos y oportunidades para la economía circular. *Revista de Ingeniería y Medio Ambiente, 45*(2), 123-136.

Gómez, J., y Rodríguez, A. (2017). Segregación de residuos sólidos en la fuente: una estrategia para la sostenibilidad ambiental en proyectos de construcción. *Revista Ambiental, 12*(1), 55-68.

González, F., y López, M. (2019). *Reutilización de residuos de construcción y demolición en obras de infraestructura vial*. Ingeniería y Territorio, 10(3), 77-89.

González, P. (2020). Innovaciones en construcción sostenible de acueductos. *Revista Latinoamericana de Recursos Hídricos*, 32(4), 112-129.

González, R., y Pérez, L. (2021). Evaluación de impacto ambiental en infraestructura hídrica. *Revista de Ingeniería Ambiental*, *29*(2), 55-67.

International Finance Corporation. (2019). *Building green: A guide to using sustainable materials and resource efficiency in infrastructure projects*. World Bank Group.

Kannan, D., Khademolqorani, S., Janatyan, N., y Alavi, S. (2024). Smart waste management 4.0: The transition from a systematic review to an integrated framework. *Waste management, 174*, 1-14. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.08.041

Ley 1333 de 2009 (21 de julio de 2009), por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial 47.417*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36879

Mareddy, A. R. (2017). *Environmental impact assessment: theory and practice*. Butterworth-Heinemann.

Martínez, R., Ortega, V., y Valdez, L. (2020). *Gestión ambiental en proyectos de infraestructura de agua y saneamiento*. EcoDesarrollo.

McElwee, P., Fernández-Llamazares, Á., Aumeeruddy-Thomas, Y., Babai, D., Bates, P., Galvin, K., Guèze, M., Liu, J., Molnár, Z., Ngo, H. T., Reyes-García, V., Ribot, J., y Samakov, A. (2020). Working with indigenous and local knowledge (ILK) in large-scale ecological assessments: Reviewing the experience of the IPBES Global Assessment. *Journal of Applied Ecology*, *57*(9), 1666–1676. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13705

Mijangos Ricardez, O., y López Luna, J. (2013). Metodologías para la identificación y valoración de impactos ambientales. *Temas de Ciencia y Tecnología*, *17*(50), 37-42.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Guía de infraestructura verde para proyectos de agua potable*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Lineamientos técnicos para la gestión integral de residuos sólidos en Colombia*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Política Nacional de Gestión Ambiental Urbana*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). *Lineamientos para la gestión ambiental de proyectos de infraestructura hídrica*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Guía nacional de infraestructura verde*.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2016). *Lineamientos de educación ambiental para la gestión del recurso hídrico*.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000)*. https://www.minvivienda.gov.co

Ministerio del Medio Ambiente. (2018). *Sistemas de monitoreo y evaluación ambiental: Guía metodológica*. MMA.

Morales, D. (2019). *Participación ciudadana y gestión ambiental: Claves para la sostenibilidad local.* EcoPolis.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2019). *Herramientas digitales para el monitoreo ambiental participativo*. Unesco.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2020). *Innovación en infraestructura hídrica y educación ambiental.* Unesco.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2021). *Informe mundial sobre el desarrollo de los recursos hídricos: Valorando el agua*. Unesco.

Organización Mundial de la Salud. (2021). *Informes sobre gestión del agua y saneamiento*. https://www.who.int/es/publications/i

Otamendi, U., Maiza, M., Olaizola, I. G., Sierra, B., Flores, M., y Quartulli, M. (2024). *Integrated Water Resource Management in the Segura Hydrographic Basin: An Artificial Intelligence Approach*. ArXiv.

Pereira, C., Soto, J., y López, F. (2021). *Técnicas de construcción sin zanja y sostenibilidad urbana.* Universidad Nacional de Colombia.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2020). *Estrategias de adaptación hídrica en Colombia*.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2021). *Educación ambiental para el desarrollo sostenible*. https://www.unep.org

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2022). *Informe global sobre infraestructura sostenible.* PNUMA.

Ramírez, C. (2020). *Sostenibilidad hídrica en Latinoamérica: Estrategias de gestión integral*. Universidad Nacional.

Ramírez, C., Rodríguez, D., y Mejía, L. (2019). Estrategias de conservación ambiental en infraestructura sanitaria. *Revista Colombiana de Ingeniería Ambiental*, *45*(2), 78-95.

Restrepo, P., y Mora, C. (2018). Modelos de gestión ambiental en el sector de agua potable y saneamiento básico. *Revista de Políticas Ambientales, 6*(2), 45-60.

Resolución 0330 de 2017 (8 de junio), por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las Resoluciones números 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009. *Diario Oficial* No. 50.267. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0330-2017-0

Resolución 0799 de 2021 (28 de diciembre), por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017 en lo relativo a los requisitos técnicos de los proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico. *Diario Oficial* No. 51.902. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0799-2021

Romero Manosalva, L., Ramírez López, K. J., y Latorre Yáñez, J. D. (2024). *Diseño de la Fase de Planificación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo según el Decreto 1072 de 2015 para la IPS Salud Ocupacional del Norte Ocunor Domiciliaria SAS ubicada en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander.*

Sáenz, N. (2014). *Monitoreo de la calidad del agua en microcuencas utilizando drones y percepción remota. Caso de estudio: Río Teusacá, La Calera, Colombia.* Universidad de los Andes. https://hdl.handle.net/1992/61454

Sánchez, E. (2018). *Construcción sostenible: Nuevos paradigmas en infraestructura urbana*. Ecológica.

Sit, M., Demiray, B. Z., Xiang, Z., Ewing, G. J., Sermet, Y., y Demir, I. (2020). *A Comprehensive Review of Deep Learning Applications in Hydrology and Water Resources*. ArXiv.

Tennøy, A., Kværner, J., y Gjerstad, K. I. (2006). Uncertainty in environmental impact assessment predictions: The need for better communication and more trans-

parency. *Impact Assessment and Project Appraisal, 24*(1), 45–56. https://doi.org/10.3152/147154606781765228

Toro Calderón, J., Duarte Abadía, B., Requena Molina, I., y Zamorano Toro, M. (2013). Métodos de evaluación de impacto ambiental en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 4*(1), 43–53. https://doi.org/10.22490/21456453.990

United Nations Environment Programme. (2023). *2023 Global Status Report for Buildings and Construction*. UNEP. https://www.unep.org/resources/report/2023-global-status-report-buildings-and-construction

Valle, P., Santillán, L., Jinez, J., López, M. y Guevara, J. (2024). Vehículos aéreos no tripulados para el monitoreo de extensiones de agua: revisión sistemática del progreso, oportunidades y desafíos en la detección de contaminantes. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar 8*(6), 887 - 907. http://dx.doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14846

Weston, J. (2000). EIA, decision-making theory and screening and scoping in UK practice. *Journal of Environmental Planning and Management*, *43*(2), 185-203. https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/09640560010667?needAccess=true

World Bank Group y Government of Japan. (2020). *Quality Infrastructure Investment Partnership: Annual Report 2020*. World Bank Group.

World Green Building Council. (2022). *Resiliencia climática en el entorno construido*. https://worldgbc.org

World Wildlife Fund for Nature Colombia. (2021). *Educación y sensibilización ambiental para la acción climática*. WWF International.

World Health Organization. (2022). *Guidelines for drinking-water quality* (4.° ed., incorporating the 1st and 2nd addenda). World Health Organization. https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064

Sello Editorial
Universidad Nacional
Abierta y a Distancia

Sede Nacional José Celestino Mutis
Calle 14 Sur 14-23
PBX: 344 37 00 - 344 41 20
Bogotá, D.C., Colombia

www.unad.edu.co

Escanear el código para acceder a la
versión en línea de este libro