



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE FACULTAD DE INGENIERIA DE
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**EVALUACIÓN TÉCNICA Y PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA
DE ALCANTARILLADO SANITARIO EL SECTOR EL RECREO,
CANTÓN DURÁN - GUAYAS**

TUTOR

Mgtr. PABLO MARIO PAREDES RAMOS

AUTORES

**BRYAN GABRIEL ASAN CORRAL
WALTER STEVEN CORREA PAZ**

GUAYAQUIL

2025

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Evaluación Técnica Y Propuesta De Mejora Del Sistema De Alcantarillado Sanitario El Sector El Recreo, Cantón Durán – Guayas

AUTOR/ES:

Asan Corral Bryan Gabriel
Correa Paz Walter Steven

TUTOR:

Mgtr. Paredes Ramos Pablo Mario

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

FACULTAD DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2025

N. DE PÁGS:

119

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE: Alcantarillado, Saneamiento, Mantenimiento

RESUMEN:

El presente trabajo de titulación evalúa técnica y estructuralmente el sistema de alcantarillado sanitario en el sector El Recreo, cantón Durán – Guayas, con el propósito de identificar las deficiencias hidráulicas, constructivas y operativas que afectan su funcionamiento y plantear una propuesta de mejora integral. La investigación se desarrolló bajo un enfoque descriptivo–cuantitativo, aplicando inspecciones de campo, encuestas comunitarias, mediciones hidráulicas y análisis normativos. Los resultados evidencian que la red existente supera los 20 años de antigüedad, presenta materiales deteriorados PVC y hormigón, pendientes insuficientes y frecuentes reboses, lo que genera afectaciones a la salud y la calidad ambiental. El levantamiento comunitario mostró que el 90 % de las familias ha experimentado enfermedades gastrointestinales vinculadas a la exposición a aguas servidas. En contraste con la normativa ecuatoriana NEC-SE-HS y la CO-10-7-602, los diámetros actuales (Ø200 y Ø250 mm) no cumplen con el caudal de diseño proyectado (30,4 L/s),

confirmando la insuficiencia hidráulica. Como propuesta, se plantea un plan integral que incluye rehabilitación sin zanja mediante CIPP, ampliación de diámetros con pipe bursting a Ø300 mm, construcción de pozos de revisión cada 50 m, plan de operación y mantenimiento con hidrojet y CCTV, y gestión comunitaria para reducir ingresos parásitos y malos olores. La implementación permitirá reducir en un 80 % los reboses, mejorar las condiciones sanitarias y garantizar la capacidad hidráulica del sistema en un horizonte de 20 años.

N. DE REGISTRO (en base de datos):

N. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (Web):

ADJUNTO PDF:

SI

☒

NO

☐

CONTACTO CON AUTOR/ES:

Asan Corral Bryan Gabriel
Correa Paz Walter Steven

Teléfono:

0997695221
0999315619

E-mail:

basanco@ulvr.edu.ec
wcorreap@ulvr.edu.ec

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:

PhD. Marcial Sebastián Calero Amores
Decano de la Facultad de Ingeniería,
Industria y Construcción
Teléfono: (04) 25 96 500 **Ext.** 241
E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec
Mgtr. Jorge Enrique Torres Rodríguez
Director de Carrera de Ingeniería Civil
Teléfono: (04) 25 96 500 **Ext.** 242
E-mail: etorresr@ulvr.edu.ec
Teléfono: (04)2596500 **Ext.** 242
E-mail: etorres@ulvr.edu.ec

CERTIFICADO DE SIMILITUD



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

TESIS_CORREA_-_ASAN

6%
Textos sospechosos

2% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas
1% Idiomas no reconocidos (ignorado)
4% Textos potencialmente generados por la IA

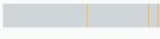
Nombre del documento: TESIS_CORREA_-_ASAN.docx
ID del documento: c7a9ea8e79d75b3bae363f02d587d6460e209be5
Tamaño del documento original: 3,42 MB

Depositante: LAURA CALERO
Fecha de depósito: 26/8/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 26/8/2025

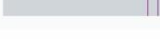
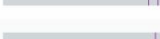
Número de palabras: 24.289
Número de caracteres: 169.900

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 www.ulvr.edu.ec https://www.ulvr.edu.ec/wp-content/uploads/2024/07/file_1680023977-1.docx 4 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (414 palabras)
2	 Documento de otro usuario #a38b75 Viene de de otro grupo 21 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (68 palabras)
3	 amevirtualrespaldo.gob.ec https://amevirtualrespaldo.gob.ec/capacitame/pluginfile.php/5773/course/overviewfiles/PLA... 19 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (68 palabras)
4	 repositorio.uide.edu.ec Estudio y diseño de la red de alcantarillado sanitario de... https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2146/3/T-UIDE-1224.pdf.txt 15 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (68 palabras)
5	 app.sni.gob.ec https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/17... 15 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (62 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 Documento de otro usuario #a63ac2 Viene de de otro grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
2	 Documento de otro usuario #512aee Viene de de otro grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
3	 www.dspace.uce.edu.ec Estudio de prefactibilidad del sistema de interceptore... http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17639	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
4	 www.ambiente.gob.ec La ministra Sade Fritschi lideró inspección a los sistema... https://www.ambiente.gob.ec/la-ministra-sade-fritschi-lidero-inspeccion-a-los-sistemas-de-ca...	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)
5	 Documento de otro usuario #a7d27e Viene de de otro grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	 https://repositorio.ug.edu.ec/items/21246600-9729-469d-be6c-f4235ffa9baf
2	 https://es.slideshare.net/slideshow/cbr-en-laboratorio-para-obras-de-pavimentacin/265598752
3	 https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2020/11/COA.pdf
4	 https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
5	 https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_org.pdf



iv

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados Walter Steven Correa Paz y Bryan Gabriel Asan Corral, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, Evaluación Técnica Y Propuesta De Mejora Del Sistema De Alcantarillado Sanitario El Sector El Recreo, Cantón Durán – Guayas, corresponde totalmente a ellos suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores

Firma:

Handwritten signature of Walter Steven Correa Paz, consisting of a stylized 'W' and 'C' followed by 'Steven G.'.

WALTER STEVEN CORREA PAZ

C.I. 0952375111

Firma:

Handwritten signature of Bryan Gabriel Asan Corral, featuring a circular flourish and a stylized 'B' and 'A'.

BRYAN GABRIEL ASAN CORRAL

C.I. 0931916910

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación EVALUACIÓN TÉCNICA Y PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EL SECTOR EL RECREO, CANTÓN DURÁN – GUAYAS, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: Evaluación Técnica Y Propuesta De Mejora Del Sistema De Alcantarillado Sanitario El Sector El Recreo, Cantón Durán – Guayas, presentado por los estudiantes WALTER STEVEN CORREA PAZ Y BRYAN GABRIEL ASAN CORRAL como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



Mgtr. Pablo Mario Paredes Ramos

C.C. 0911828150

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, fuente de vida y sabiduría, por iluminar mi camino, darme fortaleza en los momentos difíciles y guiarme con paciencia hasta alcanzar esta meta. A mi madre, quien con su amor incondicional y fe constante nunca dejó de creer en mí, siendo mi mayor motivación para continuar aun en los días más complicados. A mi padre, ejemplo de esfuerzo y fortaleza, por enseñarme a no rendirme y a mantenerme firme en cada desafío. A mis hermanas, por su apoyo, compañía y palabras de aliento que me recordaron que nunca estuve solo en este proceso. Extiendo también mi gratitud a mis docentes, por compartir su conocimiento y orientarme con dedicación; a mis compañeros de carrera, por su apoyo y colaboración; y a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron con su ayuda y comprensión en la culminación de esta tesis.

Walter Steven Correa Paz

Agradezco a Dios, por bendecirme con la vida, la sabiduría y la fuerza necesarias para culminar esta etapa. A mi madre, Karina Corral Pérez, por su fe inquebrantable y amor constante que siempre me impulsaron a seguir adelante; a mi padre, por su ejemplo de fortaleza y apoyo en cada momento; y a mis hermanos, por acompañarme con su cariño y motivación. También agradezco a mis docentes, por su orientación y enseñanzas, y a mis compañeros, por el compañerismo y las experiencias compartidas a lo largo de este camino académico.

Bryan Gabriel Asan Corral

DEDICATORIA

Dedico este logro primeramente a Dios, quien me ha dado la vida, la fortaleza y la fe necesarias para seguir adelante y alcanzar esta meta. Con todo mi amor, lo dedico a mi madre, Yadira Paz Cevallos, por ser el pilar fundamental de mi vida, por sus sacrificios y su confianza inquebrantable en mí, que me impulsaron a no rendirme. A mi padre, por su ejemplo de trabajo y fortaleza que me enseñaron a perseverar en cada desafío. A mis hermanas, por su cariño y apoyo constante, que me motivaron a seguir adelante en este camino académico. Este triunfo no solo es mío, sino también de mi familia, que siempre ha estado a mi lado.

Walter Steven Correa Paz

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por guiarme en cada paso y darme la fortaleza necesaria para culminar esta meta. A mi madre, Karina Corral Pérez por su amor incondicional, por creer siempre en mí y ser el ejemplo de lucha que me inspira cada día. A mi esposa, compañera incansable, por su apoyo, comprensión y paciencia durante este proceso; gracias por caminar a mi lado y darme la motivación que necesitaba en los momentos más difíciles. Y a mi hijo, que con su sonrisa y ternura llenó mi vida de esperanza y se convirtió en la mayor razón para seguir adelante. Este logro es también de ustedes, porque sin su amor y compañía no habría sido posible.

Bryan Gabriel Asan Corral

RESUMEN

El presente trabajo de titulación evalúa técnica y estructuralmente el sistema de alcantarillado sanitario en el sector El Recreo, cantón Durán – Guayas, con el propósito de identificar las deficiencias hidráulicas, constructivas y operativas que afectan su funcionamiento y plantear una propuesta de mejora integral. La investigación se desarrolló bajo un enfoque descriptivo–cuantitativo, aplicando inspecciones de campo, encuestas comunitarias, mediciones hidráulicas y análisis normativos. Los resultados evidencian que la red existente supera los 20 años de antigüedad, presenta materiales deteriorados PVC y hormigón, pendientes insuficientes y frecuentes reboses, lo que genera afectaciones a la salud y la calidad ambiental. El levantamiento comunitario mostró que el 90 % de las familias ha experimentado enfermedades gastrointestinales vinculadas a la exposición a aguas servidas. En contraste con la normativa ecuatoriana NEC-SE-HS y la CO-10-7-602, los diámetros actuales (Ø200 y Ø250 mm) no cumplen con el caudal de diseño proyectado (30,4 L/s), confirmando la insuficiencia hidráulica. Como propuesta, se plantea un plan integral que incluye rehabilitación sin zanja mediante CIPP, ampliación de diámetros con pipe bursting a Ø300 mm, construcción de pozos de revisión cada 50 m, plan de operación y mantenimiento con hidrojet y CCTV, y gestión comunitaria para reducir ingresos parásitos y malos olores. La implementación permitirá reducir en un 80 % los reboses, mejorar las condiciones sanitarias y garantizar la capacidad hidráulica del sistema en un horizonte de 20 años.

Palabras claves: Alcantarillado sanitario, Durán, saneamiento básico, reboses, diseño hidráulico, CIPP, pipe bursting.

ABSTRACT

This research project evaluates the technical and structural conditions of the sanitary sewer system in El Recreo, Durán – Guayas, in order to identify hydraulic, constructive, and operational deficiencies and to develop an integral improvement proposal. The study followed a descriptive–quantitative approach, using field inspections, community surveys, hydraulic measurements, and regulatory analysis. Results show that most of the network exceeds 20 years of service, with deteriorated materials (PVC and concrete), insufficient slopes, and recurrent overflows, generating health and environmental risks. Community surveys revealed that 90 % of families reported gastrointestinal diseases related to wastewater exposure. Compared with Ecuadorian standards NEC-SE-HS and CO-10-7-602, current diameters (Ø200 and Ø250 mm) are unable to convey the projected design flow (30.4 L/s), confirming the system's hydraulic insufficiency. The proposed intervention includes trenchless rehabilitation (CIPP), upsizing through pipe bursting to Ø300 mm, construction of manholes every 50 m, an operation and maintenance plan with hydrojet and CCTV inspections, and community-based management to reduce inflows and odors. This comprehensive solution is expected to reduce overflows by at least 80 %, improve sanitary and environmental conditions, and ensure adequate hydraulic capacity for the next 20 years.

Keywords: Sanitary sewer, Durán, basic sanitation, overflows, hydraulic design, CIPP, pipe bursting.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
I CAPÍTULO	3
ENFOQUE DE LA PROPUESTA.....	3
1.1 Tema.....	3
1.2 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema	5
1.3 Objetivo General	5
1.4 Objetivos Específicos.....	5
1.5 Hipótesis.....	6
1.6 Línea de investigación institucional / Facultad	7
CAPÍTULO II	8
MARCO REFERENCIAL.....	8
2.1 Marco Teórico	8
2.1.2 Antecedentes Nacionales	8
2.1.3 Antecedentes Regionales/Locales.....	9
2.2 Fundamentos teóricos del alcantarillado sanitario	9
2.2.1 Evolución Histórica del Alcantarillado Sanitario	9
2.2.2 Alcantarillado Sanitario: Concepto y Función	11
2.2.3 Clasificación Técnica y Operativa de los Sistemas.....	13
2.2.4 Modelos de Eficiencia y Calidad del Servicio	14
2.2.5 Caudales generados por población y diseño proyectado	15
2.2.6 Clasificación y normativa sobre pendientes mínimas	17
2.2.6 Tipología de tuberías y materiales.....	19
2.2.7 Cuadro comparativo de materiales.....	21
2.2.8 Diagnóstico técnico del sector El Recreo	22
2.2.9 Necesidad de actualización normativa y planificación técnica.....	24

2.2.10 Vinculación con políticas públicas y sostenibilidad	26
2.2.11 Justicia Hídrica y Derecho al Saneamiento	27
2.2.12 Problemáticas Comunes en Sistemas de Alcantarillado	29
2.2.13 Diseño Técnico e Hidráulico del Alcantarillado Sanitario	31
2.2.14 Mantenimiento y Rehabilitación de Redes.....	33
2.2.15 Participación Comunitaria y Gestión Social	34
2.2.16 Resiliencia y Adaptación al Cambio Climático	36
2.2.17 Modelación Hidráulica y Herramientas Digitales	38
2.2.18 Gestión Integral de Aguas Residuales.....	39
2.2.19 Impactos de un Mal Alcantarillado en Zonas Urbanas.....	41
2.2.20 Enfoques de Evaluación Técnica del Alcantarillado Sanitario	43
2.3 Marco legal	44
2.3.1 Constitución de la República del Ecuador	45
2.3.2 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización	45
2.3.3 Código Orgánico del Ambiente	46
2.3.4 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua	46
2.3.5 Normas Técnicas Ecuatorianas NEC e INEN	47
2.3.6 Las normas CO 10.7-601 y CO 10.7-602	47
2.3.7 Ordenanzas Municipales del Cantón Durán	48
2.3.8 Instrumentos Normativos y Técnicos Complementarios	48
CAPÍTULO III	50
MARCO METODOLÓGICO	50
3.1 Enfoque de la investigación (Cuantitativo).....	50
3.2 Alcance de la investigación (Descriptivo y Correlacional)	50
3.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	50
3.3.1 Técnicas	50

3.3.2 Instrumentos	51
3.4 Población y muestra	52
3.5 Proceso.....	53
3.5.1 Diseño de prototipo.....	53
3.5.2 Materiales	53
3.5.3 Herramientas	53
3.5.4 Procedimiento para la producción	54
3.5.5 Recolección de información.....	54
3.5.6 Fabricación de intervenciones	55
3.5.7 Ensayos a la comprensión de campo	55
CAPÍTULO IV	61
PROPUESTA O INFORME	61
4.1 Presentación y análisis de resultados	61
4.2 Relación de objetivos específicos con los resultados	73
4.3 Síntesis de resultados de las encuestas	75
4.4 Datos de base para el cálculo.....	76
4.3 Cálculos poblacionales y de caudales	76
4.3.1 Proyección poblacional.....	76
4.3.2 Proyección poblacional a 20 años	77
4.3.3 Caudal medio diario.....	77
4.3.4 Caudal máximo (Harmon).....	77
4.3.5 Aporte por infiltración/afluencia (I/I)	77
4.3.6 Caudal de diseño.....	77
4.4 Verificación hidráulica de tramos	77
4.4.1 Capacidad de tuberías circulares a tubo lleno ($n=0.013$)	78
4.4.2 Comparación de caudal de diseño vs capacidad	78
4.5 Propuesta de intervención	78

4.6 Presupuesto referencial	79
4.6.1 Presupuesto paramétrico de intervención	79
4.7 Propuesta de solución al problema identificado	80
4.7.1 Alcance espacial y técnico	80
4.7.2 Criterios de diseño adoptados	80
4.7.3 Línea base operativa	81
4.7.4 Alternativas tecnológicas y selección	82
4.8. Resumen de intervenciones propuestas por tramo	82
4.8.1 Detalles constructivos mínimos	83
4.8.2 Reducción de I/I y control de olores (gestión)	83
4.8.3 Plan de mantenimiento preventivo (O&M)	83
4.8.4 Cronograma de implementación	84
4.9 Presupuesto referencial	84
4.9.1 Matriz de riesgos y mitigación	85
4.9.2 Indicadores de desempeño post–obra	85
4.9.3 Justificación técnica y social de la solución	86
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXOS	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pendientes mínimas recomendadas y velocidades estimadas según diámetro nominal.....	18
Tabla 2. Características técnicas y vida útil de diferentes tipos de tuberías para alcantarillado sanitario.....	20
Tabla 3. Comparación de materiales y aplicaciones típicas de tuberías para alcantarillado sanitario.....	22
Tabla 4. Parámetros de análisis de agua residual.....	57
Tabla 5. Tiempo de residencia de los encuestados en el sector El Recreo.....	61
Tabla 6. Conexión de las viviendas al sistema de alcantarillado sanitario.....	62
Tabla 7. Frecuencia con que los encuestados han notado reboses en alcantarillas cercanas a su vivienda.....	63
Tabla 8. Percepción de malos olores provenientes del alcantarillado en el sector El Recreo.....	64
Tabla 9. Percepción de los encuestados sobre inundaciones o colapsos en temporada de lluvias.....	65
Tabla 10. Percepción de los encuestados sobre el impacto del mal estado del alcantarillado en la salud familiar.....	66
Tabla 11. Denuncias o reportes a las autoridades municipales sobre el alcantarillado.....	67
Tabla 12. Aspectos que los encuestados consideran más urgentes de mejorar en el sistema de alcantarillado.....	68
Tabla 13. Suficiencia del sistema de alcantarillado actual para la población del sector.....	69
Tabla 14. Impacto percibido de una mejora integral del alcantarillado en la calidad de vida.....	70
Tabla 15. Registro de fallas reportadas en El Recreo (Mayo–Julio 2025).....	72
Tabla 16. Proyección poblacional a 20 años en el sector de estudio.....	74
Tabla 17. Capacidad de tuberías circulares a tubo lleno ($n = 0.013$).....	76
Tabla 18. Comparación entre caudal de diseño y capacidad hidráulica de los tramos evaluados.....	76
Tabla 19. Intervenciones propuestas por tramo en la red de alcantarillado.....	76
Tabla 20. Resumen de intervenciones propuestas en la red de alcantarillado....	77

Tabla 21. Presupuesto paramétrico de intervención del sistema de alcantarillado.....	78
Tabla 22. Resumen de intervenciones propuestas por tramo en la red de alcantarillado.....	80
Tabla 23. Programa propuesto de operación y mantenimiento (O&M) del sistema de alcantarillado.....	81
Tabla 24. Cronograma tentativo de ejecución del proyecto de rehabilitación de alcantarillado.....	82
Tabla 25. Presupuesto estimado por partidas del proyecto de rehabilitación de alcantarillado.....	82
Tabla 26. Principales riesgos identificados en la ejecución del proyecto de alcantarillado y medidas de mitigación.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Conexiones improvisadas con llaves de paso en mal estado.....	56
Figura 2. Recipiente con agua turbia recolectada de la red domiciliaria.....	56
Figura 3. Bomba de agua expuesta y conexiones irregulares en la vía.....	56
Figura 4. Entrevista directa con moradores y recolección de muestras.....	57
Figura 5. Rebose de alcantarillado secundario en vía peatonal.....	57
Figura 6. Rebose de alcantarillado secundario en vía peatonal.....	58
Figura 7. Estancamiento de aguas negras en acceso vehicular.....	58
Figura 8. Limpieza manual de alcantarilla colapsada en El Recreo.....	59
Figura 9. Distribución porcentual del tiempo de residencia.....	63
Figura 10. Distribución de viviendas conectadas al alcantarillado sanitario.....	64
Figura 11. Frecuencia de reboses observados por los encuestados en alcantarillas cercanas a su vivienda.....	65
Figura 12. Percepción de malos olores provenientes del alcantarillado.....	66
Figura 13. Percepción de los encuestados sobre inundaciones o colapsos en temporada de lluvias.....	67
Figura 14. Impacto del mal estado del alcantarillado en la salud familiar.....	68
Figura 15. Denuncias o reportes realizados a las autoridades municipales.....	69
Figura 16. Aspectos que los encuestados consideran más urgentes de mejorar.....	70
Figura 17. Percepción de suficiencia del sistema de alcantarillado actual.....	71
Figura 18. Impacto percibido de una mejora integral del alcantarillado en la calidad de vida de los encuestados.....	72

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. Cuestionario a la colectividad.....	101
---	-----

INTRODUCCIÓN

El alcantarillado sanitario constituye uno de los pilares fundamentales del saneamiento básico en toda ciudad, pues permite la recolección, conducción y disposición adecuada de las aguas residuales, garantizando condiciones mínimas de salubridad y calidad de vida, en el cantón Durán, uno de los más poblados de la provincia del Guayas, la cobertura del sistema es limitada y presenta serias deficiencias estructurales y operativas. Según datos de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Durán (EMAPAD), más de la mitad de la población aún depende de pozos sépticos, mientras que en sectores que sí cuentan con red, como El Recreo, los problemas de reboses, colapsos e insuficiencia hidráulica son frecuentes.

El sector El Recreo se ha consolidado en las últimas décadas como una de las zonas de mayor expansión urbana de Durán. Sin embargo, su red de alcantarillado sanitario no ha evolucionado al mismo ritmo que el crecimiento poblacional, a esto se suma la antigüedad de gran parte de las tuberías, superior a 20 años, construidas con materiales deteriorados como PVC de baja resistencia, y la carencia de un plan de mantenimiento preventivo, en consecuencia, se registran periódicamente roturas de tuberías, reboses en temporada invernal, malos olores, contaminación de suelos y riesgo de infiltración a las aguas subterráneas.

Estos problemas no solo representan un reto técnico, sino que también tienen repercusiones directas en la salud pública y en el ambiente, estudios realizados en el propio cantón evidencian un incremento de enfermedades gastrointestinales y casos de leptospirosis asociados a la exposición a aguas servidas, a nivel social, los moradores han manifestado que la deficiencia del alcantarillado afecta la convivencia diaria y la imagen del sector, lo que limita incluso el valor de las propiedades y la posibilidad de atraer inversiones.

El marco normativo vigente, compuesto por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-HS), la Norma CO-10-7-602 y reglamentos de la ARCA, establece parámetros claros de diseño y operación (diámetros mínimos, pendientes hidráulicas, coeficientes de rugosidad y tasas de infiltración), en la red existente de El

Recreo se verifican incumplimientos de estos parámetros, lo cual explica su insuficiencia hidráulica y la reiteración de fallas.

El presente estudio tiene como finalidad realizar una evaluación técnica, económica y social del sistema de alcantarillado sanitario en el sector El Recreo, con el propósito de diseñar una propuesta de mejora que permita garantizar su funcionamiento óptimo y sostenible.

Con este trabajo se busca demostrar que, a través de una adecuada planificación técnica y de la aplicación de criterios normativos, es posible revertir una problemática histórica en El Recreo, generando beneficios tangibles en salud pública, ambiente y bienestar social, la propuesta se plantea como un insumo para la gestión institucional y como base para futuros proyectos de ampliación de cobertura en el cantón Durán.

I CAPÍTULO

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema

Evaluación técnica y propuesta de mejora del sistema de alcantarillado sanitario el sector El Recreo, cantón Durán – Guayas

1.2 Planteamiento del Problema

El alcantarillado sanitario, infraestructura pieza clave para la salud pública y para la sostenibilidad ambiental en los entornos urbanos, es el sistema diseñado para recolectar y conducir adecuadamente las aguas residuales provenientes de las labores diarias de los hogares y de los comercios e industria hasta plantas de tratamiento, de tal manera que no exista derrame a los subsuelos, cuerpos de agua y al ambiente antropológico. Indudablemente, en la Cdla. El Recreo, ubicado en el cantón Durán, provincia del Guayas, tal finalidad no logra realizarse satisfactoriamente.

La población actualmente enfrenta una muy grave problemática por el mal estado del sistema de alcantarillado sanitario que se manifiesta por reboses frecuentes de aguas negras en calles, olores nauseabundos, sedimentación visible y malas operaciones como falta de mantenimiento, pendientes inadecuadas, materiales desgastados, esto da lugar a focos de infección, proliferación de vectores y el incumplimiento del derecho a un medio ambiente sano.

No es de extrañar que el sistema sanitario no haya podido redimensionarse ni tecnificarse al acelerado crecimiento poblacional del sector, la insuficiencia de cobertura y la ausencia de tratamiento adecuado de aguas residuales no solo impactan directamente la calidad de vida, sino que representan un riesgo epidemiológico latente, especialmente en zonas vulnerables que no cuentan con un acceso constante al agua limpia, a pesar de los reiterados reclamos ciudadanos, las soluciones estructurales han sido postergadas por años.

Dada la magnitud del problema, se requiere una evaluación técnica integral del sistema actual, con el fin de poder generar una propuesta de mejora que permita subsidiar un servicio eficiente, sostenible y en línea con los principios de protección ambiental y salud pública.

Sin embargo, en el caso de El Recreo, un sector perteneciente al cantón Durán, de la provincia del Guayas, esta tarea sencilla no fue realizada de forma eficiente ni continua, generando una realidad crítica para la población, este sector, uno de los más densamente poblados del cantón y un ejemplo claro de deficiencia en planificación ciudadana, ha venido experimentando un rápido crecimiento urbano en las últimas décadas, sin una planeación técnica acorde al aumento poblacional.

Como resultado, el sistema ha convivido durante años con deficientes estructurales y operativos, desde reboses frecuentes, tuberías colapsadas, olores perennes, falta de mantenimiento, materiales vencidos y que superaron su vida útil, algunos subsectores, por otro lado, ni siquiera cuentan con una cobertura básica de la red de alcantarillado, obligando a familias enteras a vivir día a día cerca de focos de contaminación de aire libre.

Además del daño a la infraestructura urbana, estas carencias exponen directamente a la población a afectaciones a su salud, en distintos momentos del año, vecinos y vecinas de El Recreo han referido cómo el agua residual ha llegado a sus veredas y patios, despidiendo olores nauseabundos que dañan actividades como la cocción de alimentos o bañarse, al cruzarse el abastecimiento de agua con depósitos de residuos.

La exposición permanente a estas condiciones ha llevado, de acuerdo a datos comunitarios, al aumento de afecciones gastrointestinales, cutáneas y respiratorias, que particularmente amenazan a la población joven, anciana e inmunológicamente vulnerable, a pesar de reclamos formales para el Gobierno Autónomo Descentralizado y su empresa pública de gestión de agua y alcantarillado, EMAPAD-EP, la inacción y ausencia de un plan integral de acompañamiento ha permitido esta

situación por varios años, el desconocimiento del estado técnico de la red añade dosis a este problema.

Dada esta situación, resulta necesario llevar a cabo una evaluación técnica íntegra del sistema de alcantarillado sanitario de la Cdla. El Recreo, que permita identificar las causas estructurales, hidráulicas y de operación del mal funcionamiento actual, y elabore una propuesta de mejora técnica y ambientalmente viable y socialmente apropiadas, esta propuesta es crítica para garantizar la integridad sanitaria de la población y evitar los riesgos asociados, así como sienta las bases para un desarrollo urbano completamente ordenado y justo en Durán.

1.2 Formulación del Problema

¿Cuál es el actual estado del sistema de alcantarillado sanitario en el sector El Recreo, cantón Durán - Guayas y que propuesta técnica de mejora se puede implementar para garantizar la recolección y conducción adecuada de aguas servidas, ¿protegiendo la salud pública y del ambiente?

1.3 Objetivo General

Evaluar técnica y estructuralmente, el sistema de alcantarillado sanitario en el sector El Recreo, cantón Durán – Guayas, con el fin de identificar las deficiencias operativas, hidráulicas y constructivas que impiden su correcto funcionamiento y, a partir de ello, elaborar una propuesta de mejora integral que asegure la recolección y conducción eficiente de las aguas residuales, contribuyendo a la protección de la salud pública, la conservación del ambiente urbano y la mejora de la calidad de vida de la comunidad.

1.4 Objetivos Específicos

1. Recopilar información sobre la cobertura, antigüedad, materiales y condiciones actuales del sistema de alcantarillado en el sector El Recreo.
2. Identificar los problemas más relevantes que afectan al sistema (reboses, olores, daños en tuberías y falta de mantenimiento).

3. Analizar los impactos de estas deficiencias en la salud, el ambiente y la vida diaria de la población, considerando testimonios comunitarios y observaciones en campo.

4. Revisar la normativa vigente que regula el diseño y operación del alcantarillado sanitario, como referencia técnica para la propuesta.

5. Diseñar una propuesta de mejora factible y sostenible que optimice el funcionamiento del sistema en el sector estudiado.

1.5 Hipótesis

El sistema de alcantarillado sanitario de la Cdla. El Recreo, cantón Durán, evidencia un deterioro progresivo que afecta directamente la salubridad, la habitabilidad y el bienestar urbano. Esta situación no es casual, sino consecuencia de una deficiente planificación, el empleo de materiales obsoletos y la ausencia de un mantenimiento sistemático por parte de las entidades responsables. Como resultado, la población se ve expuesta a focos de contaminación permanentes, incremento de enfermedades y degradación ambiental.

Ante este panorama, se sostiene que la única vía para revertir la problemática es realizar una evaluación técnica y estructural integral del sistema de alcantarillado. Esta evaluación implica no solo la inspección física de las redes (tuberías, colectores y cámaras de inspección), sino también la medición de pendientes, diámetros y caudales reales, la verificación de los materiales empleados y su vida útil, así como la identificación de fallas recurrentes, reboses, obstrucciones, colapsos y su contraste con la normativa técnica vigente.

El argumento central que se defiende es que sin este diagnóstico estructural preciso no es posible elaborar una propuesta de mejora viable y sostenible. Tal propuesta debe trascender lo técnico para incidir en la gestión pública local, fortaleciendo la capacidad institucional, garantizando el derecho a un saneamiento digno y contribuyendo al ordenamiento territorial y la protección ambiental. Solo de esta manera será factible recuperar la funcionalidad del sistema, proteger la salud pública y mejorar la calidad de vida de la comunidad de El Recreo.

1.6 Línea de investigación institucional / Facultad

Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción
(Universidad Laica Vicente Rocafuerte de guayaquil, 2024)

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Antecedentes Internacionales

En todo el mundo, el sistema de alcantarillado sanitario ha sido considerado como una de las infraestructuras más importantes para el saneamiento, la salud y el desarrollo urbano. Organización Mundial de la Salud (2024) y el Programa de las Naciones Unidas para el Asentamiento Humano - ONU, han declarado que el acceso a los servicios de saneamiento apropiados, incluido el alcantarillado, puede reducir drásticamente enfermedades transmitidas por el agua, como el cólera, la hepatitis A y la disentería, entre Alemania, Japón y Suecia, sistemas de alcantarillado sanitario cuentan con tecnología de monitoreo de tiempo real, la reutilización del agua de desecho y tratamiento de lodo que puede utilizarse con éxito y alta eficiencia ambiental y sanitaria.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

El acceso a sistemas de alcantarillado adecuados en Ecuador sigue siendo un desafío para muchas zonas urbanas y rurales. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (2021), el 40% de las residencias ecuatorianas no tenían una conexión formal al sistema de alcantarillado, aunque el Estado ha hecho esfuerzos significativos a través del Plan Nacional de Desarrollo y, por lo tanto, las competencias municipales en saneamiento ambiental, todavía hay cobertura y calidad de los sistemas de distribución de aguas residuales, y el sistema adolece de deficiencias. Revisando el Banco de Desarrollo del Ecuador y la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, descubrieron que muchas de las redes construidas hace varias décadas no se modernizaron ni se mantuvieron adecuadamente, lo que causó problemas estructurales que resultaron en desbordamiento y contaminación de fuentes húmedas.

2.1.3 Antecedentes Regionales/Locales

La provincia del Guayas y, específicamente, el cantón Durán, cuentan con un sinnúmero de problemáticas a la espalda resultantes del colapso de sus redes sanitarias a causa del crecimiento urbano inexistente. Informes realizados por la Empresa municipal de agua potable y alcantarillado de Durán (2019) y estudios previos por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal de Durán, indican que sectores como El Recreo cuentan con una infraestructura sanitaria deplorable, materiales de más de fechas, pendientes mal calculadas y falta de estaciones de bombeo en donde se requieren. La densidad poblacional, que no ha hecho más que crecer, no ha contemplado la magnitud de sistemas de recolección de aguas residuales no han sido dimensionados, ni tecnificados, esto ha desembocado en un serio problema de salud pública, así como medioambiental, la falta de mantenimiento programado y de inspección técnica especializada han provocado un mayor deterioro a las redes sanitarias, en este sentido, se hace imperioso una intervención estructural y funcional.

2.2 Fundamentos teóricos del alcantarillado sanitario

2.2.1 Evolución Histórica del Alcantarillado Sanitario

La historia de las alcantarillas de saneamiento es históricamente inseparable de la historia de los asentamientos y la higiene pública de la humanidad, desde los primeros complejos mesopotámicos que poseían canales de desechos hasta los elaborados sistemas cloacales en la antigua Roma, la infraestructura de saneamiento siempre ha estado vinculada a la necesidad de preservar la salud de la población y hacer el entorno humano habitable. Después de la caída de Roma, la mayoría de los conocimientos del sistema romano de gestión del agua se ignora durante el próximo milenio y solo a principios de siglo XIX, cuando las epidemias de cólera y fiebre tifoidea y otras enfermedades urbanas ya han reavivado la conciencia popular para mantener la base de agua limpia y los alimentos, el desarrollo del sistema de recogida se convierte de nuevo sistemático y sustentable (Camdesa, 2023).

Es más, en esta etapa, ciudades como Londres y París lideraron la transformación sanitaria mediante la construcción de redes de alcantarillado a gran escala, así, la ingeniería sanitaria surgiría consolidarse como un campo técnico y científico indispensable. Con todo, cabe mencionar que en estas experiencias se establecieron conceptos fundamentales que, en muchos aspectos, rigen aún el diseño de los sistemas modernos, entre estos, se encuentran la separación de redes pluviales y sanitarias, la necesidad de tratamiento antes de la descarga final y la propia proyección en base a caudales estimados.

En América Latina, las infraestructuras de alcantarillado han experimentado y presentado cadencias de desarrollo más lentas y disparejas, principalmente debido a la insuficiente inversión estatal en el ámbito de los servicios públicos, la débil institucionalidad de los gobiernos locales, y la relativa escasa disponibilidad de marcos legales hasta se puede decir que hace tan solo un par de décadas, además, las brechas urbano rurales resultan aún vigentes en la actualidad, de manera que millones de personas aún no cuentan con un adecuado acceso a sistemas de alcantarillado, en este particular, destaca la situación de las periferias urbanas y los asentamientos informales (Econet, 2016).

Ecuador no ha sido ajeno al respecto, a pesar de los avances observados en las últimas décadas en términos de cobertura de servicios básicos, existen enormes desafíos en cuanto a la calidad, la continuidad, el tratamiento de aguas residuales y la explotación de la infraestructura. Según el INEC: Solo el 43,6 % en 2022, de los hogares del país informan tener acceso a un alcantarillado conectado a una planta de tratamiento y en algunos cantones, como Durán, cuyas tasas de crecimiento demográfico repentino y provocaron y la expansión urbana azarosa, las redes de saneamiento no pueden satisfacer la demanda (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2023).

El sector El Recreo, sobre el que versa esta investigación, es un caso que evidencia las limitaciones históricas y estructurales del sistema de saneamiento, nacido como barrio de vivienda social concentrado de rápido desarrollo en las últimas décadas, el área no tuvo un plan hidráulico integral desde su origen y actualmente presenta deficiencias serias en cobertura, pendiente, materialidad de las tuberías y

mantenimiento preventivo. Este caso demuestra cómo los déficits acumulados de siglos en planificación y gestión del saneamiento urbano siguen afectando negativamente la vida y la salud de la población, especialmente en relación a la vulnerabilidad social.

2.2.2 Alcantarillado Sanitario: Concepto y Función

El sistema de alcantarillado sanitario corresponde a la colección de infraestructuras hidráulicas ubicadas en el nivel subterráneo y diseñadas para reunir, trasladar y disponer apropiadamente el agua residual generada durante las actividades domésticas, comerciales e industriales. La función esencial del alcantarillado es asegurar la salud pública y la protección del medio ambiente en lo referente a la contaminación de fuentes de agua, el suelo, y la zona urbana. Así, el alcantarillado se erige en uno de los elementos de mayor importancia del saneamiento básico y del desarrollo urbano sostenible. Las tipologías de alcantarillado son:

- i) Sanitario, al que solo se lleva el agua residual,
- ii) Pluvial, que recoge agua de lluvia, y
- iii) Combinado, en desuso, ya que conduce ambas clases de agua y, en la práctica, muestra insuficiencia técnica para los periodos de alta precipitación. Los integrantes esenciales del sistema incluyen redes domiciliarias, colectores principales y secundarios, pozos de visita, colectores de bombeo, emisarios finales, y, en algunos casos, plantas de tratamiento (López Cepeda , 2023, pág. 14).

Los componentes esenciales del sistema incluyen tuberías domiciliarias, colectores principales y secundarios, pozos de revisión, cámaras de inspección, estaciones de bombeo, y emisarios finales, cada uno de ellos debe contar con un diseño hidráulico que garantice el flujo constante del fluido sin producir estancamientos o reboses, así, las pendientes mínimas dependerán de la magnitud esperada del caudal a lo largo de su vida útil y nunca serán inferiores a la velocidad crítica del fluido en el conducto, los materiales seleccionados, ya sea PVC, hormigón reforzado, y HDPE, estarán sujetos a distintas condiciones de carga, corrosión y durabilidad esperada, lo que optimizará la vida útil de la red (Storm Water Management Model, 2005, pág. 4).

En este sentido, en impactos urbanos como El Recreo, se han documentado múltiples evidencias sobre el incumplimiento de este listado, lo que ha resultado en la manifestación de fallas estructurales y funcionales en el mismo, de este modo, el recuento de los problemas más frecuentes en la infraestructura sanitaria analizada incluye el colapsamiento por asentamientos diferenciales o corrosión de la tubería, sobrecarga hidráulica por la expansión del crecimiento urbano sin planificación debida, conexiones clandestinas en distrito central y sedimentación progresiva por falta de mantenimiento, además de interferir con la funcionalidad del sistema, dichas deficiencias ayudan a propagar enfermedades, como la amibiasis, hepatitis A e infecciosa, así como diarrea, según informan la (Organización Mundial de la Salud, 2024) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

En cuanto a la gestión, medidas esenciales para el mantenimiento de la infraestructura de redes sanitarias son el mantenimiento periódico, la rehabilitación oportuna y la aplicación de tecnologías de monitoreo, como inspecciones CTTV o pruebas de estanqueidad. Mediante el uso de herramientas modernas y registra actualización de catastro sanitario, es posible establecer un diagnóstico sobre el estado de la colección de manera más confiable, eso se debe a la deuda técnica de la historia en baños como Durán, donde el propio GAD admite que no mantienen regularmente y no tienen registros detallados sobre la composición de la red (Empresa Publica Ecuador estratégico, 2019).

Finalmente, se debe considerar que la importancia del alcantarillado no debiera ser vista, solamente, dentro de las aristas de lo técnico, sino también como uno de los ejes transversales del desarrollo urbano sostenible, esto, pues su correcta planificación y funcionalidad inciden de forma directa en la salud pública, la equidad territorial, la valorización inmobiliaria y la resiliencia a partir del mundo hidrometeorológico, por ende, intervenciones de distintas índoles en el sistema sanitario deberían estar alineadas con las políticas de territorialidad, gestión integral del riesgo y normativas medioambientales al servicio de la comunidad beneficiada, que tendría acceso a los servicios del ciclo hidrosanitario como un derecho humano. (Habitat, 2021)

2.2.3 Clasificación Técnica y Operativa de los Sistemas

Los sistemas de alcantarillado sanitario pueden ser clasificados de acuerdo a distintos criterios técnicos y operativos que son determinantes en el diseño, operación, mantenimiento y sostenibilidad, más allá de facilitar la comprensión del comportamiento hidráulico del sistema, esta clasificación permite marcar lineamientos diferenciales de gestión dependiendo de si se trata de una zona urbano, periurbano y rural.

1. Dependiendo de la naturaleza del agua transportada, existen tres sistemas principales:

a) Alcantarillado sanitario: Limpia y transporta únicamente aguas residuales domésticas o industriales a plantas de tratamiento, es el sistema de elección según las Normas Ecuatorianas de la construcción NEC-SE-HS y la OMS ya que reduce al máximo los riesgos sanitarios humanos y permite la efectiva reelaboración de aguas servidas.

b) Alcantarillado pluvial: transporta aguas de lluvia y escorrentía superficial, necesitan secciones de mayor diámetro y estructuras especiales, también están caracterizados por diseños diferentes de nivel máximo de retorno que alcanzan 10, 25 y 50 años, dependiendo de la su urbanización.

c) Sistema conjuntivo: Combina las aguas residuales y pluviales en un solo sistema. Aunque más conveniente en precio, puede disponible de desbordamientos vinculados al desbordamiento y almacenamiento del agua durante las intensas lluvias, por esta cuestión ahora se aconseja evitar acceso a estos sistemas, especialmente en urbanizaciones densas (Molina et al. 2025).

2. De acuerdo a este último método, existen los siguientes tipos:

Sistemas por gravedad, los más comunes, sobre todo en ciudades con topografía favorable. Para su correcto funcionamiento, requieren diseño de pendientes mínimas adecuadas ($\geq 1\%$ para tuberías de 150 mm según NEC) con el fin de asegurar velocidades de arrastre suficientes que impidan sedimentaciones.

Sistemas por impulsión o forzados, usados en casos en los que no se puede asegurar el flujo por gravedad, generalmente en áreas planas o con obstáculos topográficos, en este caso, se instalan estaciones de bombeo y se necesita mayor inversión y mantenimiento especializado.

3. Según la escala territorial, existen los siguientes:

Urbanos, extensos, integrados a redes troncales, colectores principales y plantas de tratamiento, demandan gran capacidad de gestión técnica y presupuestaria a nivel de municipio o empresa pública

Periurbanos, más limitados, con cobertura parcial y estructuras muchas veces no adecuadas en bases técnicas, tienen dificultades de expansión y mantenimiento, como el caso de muchos sectores del cantón Durán.

Rurales, soluciones descentralizadas como pozos sépticos o biodigestores, no están en general conectados a redes troncales, puesto que no hay presión institucional para su control y tratamiento (Defensoría del Pueblo, 2018, p. 26).

Con base en esta caracterización, se puede ya establecer las demandas sociales y técnicas que aborda el sistema de alcantarillado en el sector El Recreo, que está situado en un área de transición entre lo urbano y periurbano, además de problemas en algunas redes por gravedad y del sistema en general, que no está equipado con estaciones de bombeo adecuadas o infraestructura separada de aguas pluviales, se requieren criterios técnicos diferenciados para un rediseño y formulación de prioridades con base en su clasificación clara y actualizada.

2.2.4 Modelos de Eficiencia y Calidad del Servicio

La evaluación de la eficiencia y calidad del servicio en los sistemas de alcantarillado sanitario se convierte en una prioridad para los organismos multilaterales, instituciones públicas y gestores municipales. El Banco Interamericano de Desarrollo, la Corporación Andina de Fomento y la Organización Panamericana de la Salud se encuentran entre las entidades que desarrollaron modelos de evaluación integral basados en indicadores técnicos, financieros, sociales y ambientales capaces de medir el desempeño del sistema de saneamiento no solo en términos de cobertura, sino también de equidad, sostenibilidad y resiliencia.

De aquí se desprenderían al menos cuatro indicadores principales:

Continuidad del servicio: Tiempo promedio diario sin interrupciones del sistema. En contextos urbanos como Durán, la intermitencia se traduce en problemas

de orden sanitario, revelando faltas en la estructura de mantenimiento o en la capacidad hidráulica.

Fuga o pérdida: Si bien más asociado a redes de agua potable, para alcantarillados tiene que ver con eficiencia estructural o fallas de conexión. La falta de inspección regular implica un costo al sistema por posible colapso o filtraciones al subsuelo al no ser detectadas a tiempo.

Grado de cobertura efectiva: Porcentaje de cuantos conectados al alcantarillado respecto de la población total. Sobre todo, en zonas periurbanas y marginales como El Recreo, el grado es potencialmente bajo debido a la falta de planificación territorial y el crecimiento desordenado.

Indicador de mantenibilidad: relacionado con la capacidad del sistema de ser mantenido regular y eficientemente en términos de costos. Incluye accesibilidad a cámaras de inspección, planos recientes, registro de mantenimientos preventivos o uso de tecnología de diagnóstico, ejemplificadas en CTV, medidores de nivel, SIG (Martínez et al. 2021, p. 50).

En el caso del cantón Durán y, específicamente, del sector El Recreo, la urgencia para aplicar estos modelos es más que evidente, como lo publica el MAATE. Por un lado, como bien señalan los reportes del MAATE, las deficiencias estructurales, la cobertura intermitente, las conexiones informales y la limitada capacidad operativa de la Empresa Pública EMAPAD evidencian una marcada necesidad del desarrollo de un sistema de monitoreo en base al índice propuesto para identificar zonas críticas, mejorar la asignación de recursos y fomentar una gestión basada en evidencia.

2.2.5 Caudales generados por población y diseño proyectado

En el diseño de sistemas de alcantarillado sanitario se emplea un parámetro técnico indispensable: estimación del caudal generado por la población, su determinación permite establecer con precisión las dimensiones de las redes de recolección, los colectores principales, las estaciones de bombeo y las plantas de tratamiento. Se considera que el caudal estimado es función del consumo diario

promedio de agua potable por habitante, a partir del cual se obtiene el volumen aproximado de aguas servidas que serán vertidas al sistema constructivo.

De acuerdo con la normativa nacional vigente, en particular los lineamientos del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda y las Normas Ecuatorianas de la Construcción, el consumo promedio por persona en zonas urbanas es de 150 a 200 litros por habitante por día. Este indicador variará en función del nivel socioeconómico, la instalación y calidad de los artefactos sanitarios y la disponibilidad del servicio de agua potable.

Del volumen consumido, se supone un coeficiente de retorno del 80%. Cuando se refiere al retorno, es el 80% de agua usada el que se convierte en aguas residuales que van al sistema de alcantarillado. La parte de la consideración propuesta en la obtención de los retornos puede variar ligeramente si se consideran ciertas pérdidas invisibles o la cantidad de conexiones ilegales, así como los sistemas pluviales no totalmente enchufados.

Por ejemplo, para una población de 10.000 habitantes con un consumo promedio de 180 l/hab/d, el cálculo del caudal medio diario (Qmd) de aguas residuales sería:

$$Qmd = \text{Población} \times \text{Consumo per cápita} \times \text{Coef. de retorno}$$

$$Qmd = 10.000 \times 180 \text{ l/d} \times 0,80 = 1.440.000 \text{ litros/día} = 16,67 \text{ l/s}$$

Dicho valor se constituye en la base para estimar el caudal pico horario, mediante factores de variación diarios y horas ejemplos coeficiente de punta de 1.5 a 2 necesario para el diseño hidráulico de los tramos más exigidos. (Hidro ingeniería, 2020)

En el caso del sector El Recreo del cantón Durán, la población va creciendo a un ritmo sostenido, producto de procesos de urbanización carentes de planificación en muchos casos y el enfoque a utilizar es proyectivo, es decir, no solo se considerará la población servida al momento, sino también las poblaciones presentes en las áreas de expansión necesarias, por otro lado, las deficiencias presentes hoy en día, rebose, malos olores y anegamientos, obedecen, en parte, a una fase de subdimensionamiento de los colectores, cuyo caudal real ha superado al caudal diseñado en su momento.

Primero, integrar herramientas de modelación hidráulica como SWMM, con ellas, es posible simular diferentes escenarios de carga, lluvia y crecimiento urbano, validando así los parámetros de diseño bajo condiciones futuras realistas, segundo, este aporte de precisión técnica minimiza el riesgo de colapsos prematuros del sistema, tercero, el cálculo de la correcta estimación de caudales y una proyección rigurosa del crecimiento poblacional (Guanipa Rivero et al. 2020). Desde la perspectiva técnica, estos tres elementos son fundamentales en el diseño de un alcantarillado sanitario, su omisión o cálculo deficiente compromete la eficiencia, durabilidad y sostenibilidad del sistema, sobre todo en lugares como El Recreo, donde las condiciones urbanas y ambientales son dinámicas y de alta vulnerabilidad sanitaria.

2.2.6 Clasificación y normativa sobre pendientes mínimas

En el caso de los sistemas de alcantarillado sanitario que funcionan por gravedad, la pendiente hidráulica es un factor de diseño crítico, ya que relaciona la velocidad de flujo y, por lo tanto, la capacidad de mover sólidos en suspensión sin precipitarlos y depositarlos sobre la tubería., si las pendientes no se definen correctamente, la acumulación de sólidos es un problema, ese hecho no solo se manifiesta en obstrucciones frecuentes en las líneas de la colección, sino que también se evidencia como olores y con desbordamiento a través de pozos de inspección.

Normas Ecuatorianas de la Construcción, NEC-SE-HS y las recomendaciones del Banco Interamericano de Desarrollo 2010, para la operación eficiente de la red se plantea una pendiente mínima del 1%. (0,01 m/m) para diámetros de 150 mm utilizados comúnmente para redes secundarias. Esta pendiente genera una velocidad mínima de arrastre de al menos 0,6 m/s. (Martinez Perez, 2020) El arrastre es recomendado para mantener el efecto auto limpiante de la velocidad de arrastre. Hay diferentes clases de pendientes dependiendo del diámetro de la tubería, el tipo de colector, primario, secundario y terciario, con la topografía del terreno y la densidad poblacional. Por ejemplo:

Tabla 1.

Pendientes mínimas recomendadas y velocidades estimadas según diámetro nominal

Diámetro Nominal (mm)	Pendiente Mínima Recomendada (%)	Velocidad estimada (m/s)
150 mm	1,0	0,6 – 0,9
200 mm	0,5 – 0,7	0,7 – 1,0
300 mm	0,3 – 0,5	0,8 – 1,2

Nota. Los valores corresponden a recomendaciones técnicas para garantizar la capacidad de arrastre en sistemas de alcantarillado sanitario.

Elaborado por: Correa y Asan (2025).

Estas recomendaciones también son respaldadas por el Manual de Diseño de Sistemas de Alcantarillado Sanitario del MIDUVI, el cual establece criterios técnicos que deben ser respetados en proyectos de saneamiento financiados con fondos públicos.

En las zonas urbanas donde la topografía es plana o artificialmente nivelada, como en varios sectores del cantón Durán, el cumplimiento de las pendientes mínimas representará un desafío técnico significativo, en el caso del sector El Recreo, se han identificado tramos de la red con pendientes menores al 0,6 % que comprometen el funcionamiento del sistema, a esto se le suma el nulo mantenimiento preventivo y la acumulación de grasas, residuos sólidos y aguas pluviales inadecuadamente separadas del sistema de saneamiento (Catagña, 2023).

Los efectos de las pendientes inadecuadas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Depósito de sólidos que reducen el diámetro útil de la tubería.
- Obstruyen los colectores y cámaras de inspección, disminuyendo su vida útil.
- Incremento de los costos del mantenimiento correctivo y la limpieza mecánica.
- Amenazan la salud al ocasionar reboses e infiltraciones en zonas residenciales.

Por tanto, el diseño debe contemplar previsiones de pendientes compensadas en sectores críticos o, en su defecto, estaciones de bombeo localizadas que garanticen la evacuación eficiente de los afluentes, se puede emplear programas de modelación hidráulica como SWMM que permiten simular el comportamiento del flujo en función de la pendiente y del caudal, validando en teoría el planteamiento.

En suma, el cumplimiento de las pendientes mínimas es un criterio indispensable que debe ser observado para asegurar la funcionalidad de los sistemas de alcantarillado sanitario, esta regla, además de un imperativo técnico, asegura un correcto desempeño desde el punto de vista de la salud de la población, abordando así un principio de sostenibilidad cuando se trata de sectores de la población en que abundan la informalidad urbanística e históricas carencias de planificación, como es el caso del barrio El Recreo.

2.2.6 Tipología de tuberías y materiales

La elección del tipo de tubería en un alcantarillado sanitario es una decisión relevante desde el punto de vista del diseño técnico, en efecto, tal elección tiene un impacto directo en la durabilidad de la estructura, la eficacia frente a agentes químicos, la facilidad para la instalación, y la adaptabilidad a las condiciones geotécnicas particulares del terreno, entre las consideraciones principales para tomar esta decisión figuran el caudal proyectado, la profundidad, topografía y riesgo de asentamientos diferenciales del trazo y la disponibilidad de materiales en el mercado local.

En Ecuador, las Normas Ecuatorianas de la Construcción y del Instituto Ecuatoriano de Normalización se establecen las características técnicas para el uso de tuberías en alcantarillas que, además de la estanqueidad del sistema, estén en capacidad de soportar cargas externas como el tráfico vehicular, el peso del relleno y la corrosividad del terreno sugerida por la agresividad química de gases como el ácido sulfhídrico (Ministerio de Desarrollo y Urbano, 2023).

Los materiales más comúnmente utilizados en proyectos de saneamiento son los siguientes:

Tabla 2.

Características técnicas y vida útil de diferentes tipos de tuberías para alcantarillado sanitario

Tipo de Tubería	Aplicación Típica	Ventajas Técnicas	Vida útil estimada
PVC (Policloruro de vinilo)	Redes secundarias y domiciliarias	Ligereza, fácil transporte, unión hermética por empaques, bajo costo	25 – 30 años
Hormigón armado (prefabricado o in situ)	Colectores principales y cámaras de inspección	Alta resistencia estructural, tolerancia a cargas pesadas, durabilidad	30 – 50 años
HDPE (Polietileno de alta densidad)	Terrenos con asentamientos o presión externa	Flexibilidad, alta resistencia química y mecánica, soldadura térmica	Hasta 50 años
GRP (Poliéster reforzado con fibra de vidrio)	Sistemas especiales o de gran diámetro	Alta resistencia a la corrosión, peso reducido comparado con el hormigón	50 años o más

Nota. La vida útil estimada puede variar según condiciones de instalación y mantenimiento preventivo aplicado.

Elaborado por: Correa y Asan (2025).

En proyectos recientes desarrollados en zonas urbanas ecuatorianas, incluidos los cantones de Durán, Guayaquil y Santo Domingo, el uso de PVC sanitario corrugado y HDPE para redes secundarias se ha privilegiado debido a su desempeño técnico y su sencilla instalación en densas condiciones urbanas. Por el contrario, los colectores principales o interceptores de gran caudal son siempre construidos en hormigón armado reforzado, debido a una mayor resistencia a la flexión y compresión adecuadas y a la corrosión externa (Conagua, 2020).

En zonas como El Recreo, cantón Durán, se han encontrado problemas en las conexiones domiciliarias, colapsos de red por asentamientos del terreno y filtración

de aguas servidas, la utilización de materiales inadecuados ha generado una vida útil muy corta del sistema. El MAATE y la EMAPAD han detectado, por ejemplo, que en varios tramos se utilizaron tuberías de PVC delgado como pared clase 4 o inferior, las cuales no resisten las cargas del tránsito abierto, ni tampoco las presiones del suelo expansivo de la zona, por lo que presentan fracturas y fugas.

Por todo ello, cabe recomendar que en futuras intervenciones se utilicen criterios de selección más estrictos que incluyan análisis de laboratorio del suelo tales como CBR, plasticidad, expansividad, y evaluación del nivel freático y estudios de riesgo de asentamientos, asimismo, la modelación estructural y validación hidráulica. La tipificación adecuada de las tuberías no solo incrementará la vida útil del sistema y su performance, sino que, al actuar como sistematización de control interno, disminuirá costos de mantenimiento, reducirá fallos operativos y garantizará condiciones sanitarias adecuadas para la población (Manotoa Santana, 2016, pág. 16).

2.2.7 Cuadro comparativo de materiales

El material adecuado seleccionado para las líneas de alcantarillado sanitario inmediatamente conlleva cuestiones como la eficiencia hidráulica, la vida útil de las líneas y los costos operativos y de mantenimiento del sistema. En Ecuador, los parámetros han sido regulados de acuerdo con el tipo de línea, la red de alcantarillado primaria o secundaria, también la presión interna o externa del sistema y la vida útil de las líneas (Cardenas Salda, 2023).

Posteriormente se muestra un cuadro comparativo de las características técnicas principales de los materiales de alcantarillado más comunes en Ecuador y que pueden ser relevantes para la zonificación del diagnóstico técnico en El Recreo, cantón Durán:

Tabla 3.

Comparación de materiales y aplicaciones típicas de tuberías para alcantarillado sanitario

Tipo de Tubería	Material	Vida útil estimada	Aplicación típica
-----------------	----------	--------------------	-------------------

PVC	Plástico rígido (Policloruro de vinilo)	25 – 30 años	Redes secundarias, conexiones domiciliarias
Hormigón armado	Cemento reforzado con varilla de acero	30 – 50 años	Colectores principales, redes troncales
HDPE	Polietileno de alta densidad	40 – 50 años	Redes presurizadas o zonas con asentamientos
GRP	Fibra de vidrio con resina de poliéster	Hasta 50 años o más	Redes especiales, zonas con alta corrosión

Nota. Los valores corresponden a estimaciones técnicas de durabilidad y uso en proyectos de saneamiento

Elaborado por: Correa y Asan (2025).

Análisis comparativo:

El PVC es uno de los materiales más frecuentemente elegidos para redes secundarias debido a su costo accesible y facilidad de instalación, pero, en las condiciones adversas de alta presión externa y tránsito pesado, la vida útil de este tipo de tuberías es significativamente más baja si no se usa la clase correspondiente, de acuerdo con el INEN 0059.

El hormigón armado, sino por su resistencia física es elegido como el material más adecuado para colectores con flujo de decantación más elevados, el único inconveniente del hormigón es su susceptibilidad a la corrosión interna, requiere recubrimientos especiales para proteger sus características inherentes.

El HDPE está particularmente recomendado en áreas donde el asentamiento diferencial del suelo expone las redes a riesgo de estrés y daño estructural, como en El Recreo, aunque la tecnología de instalación de la termo soldadura incrementa los costos iniciales, reduce significativamente los costos de mantenimiento a largo plazo.

Aunque el GRP es uno de los materiales menos comúnmente usados en EC por el costo, cada vez más es recomendado en proyectos financiados por organismos multinacionales, ya que son más resistentes a los agentes químicos y más duraderos en condiciones extremas.

2.2.8 Diagnóstico técnico del sector El Recreo

El diagnóstico técnico del sector El Recreo corrobora que la mayoría de las fallas del sistema actual se deben al empleo inadecuado de los materiales, en su mayoría PVC de clase inferior y sin el respaldo estructural correspondiente. Para fases subsecuentes del proyecto de rehabilitación, la adición de tuberías HDPE o GRP en secciones críticas sería altamente factible en términos de mejora estructural (Martex, 2025).

El sistema de alcantarillado sanitario del sector El Recreo requiere atención, ya que presenta múltiples deficiencias estructurales y funcionales que afectan, no solo su eficiencia, sino su sostenibilidad en general, los factores negativos identificados incluyen la falta de pendiente hidráulica adecuada en varios segmentos de la red, ya que los valores promedio aquí son inferiores al 0,5%, lo cual es inferior al nivel mínimo recomendado por el NEC-SE-HS ecuatoriano, dado que los tubos de El Recreo miden aproximadamente 150 mm de diámetro, sus pendientes deberían ser de al menos 1%, mientras que en la realidad, la mayoría de todos los segmentos en las dos subcuencas analizadas varían entre el 0 y el 0,5%. Esta falta de caída crea una baja velocidad de escurrimiento, lo que facilita la sedimentación de sólidos y la obstrucción regular, promoviendo desbordamientos y malos olores en áreas residenciales (Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de Construcción , 2011, pág. 140).

Además, la mayor parte de la red de distribución continúa siendo abastecida con redes de tuberías de cemento - asbesto, un material que ha sido progresivamente descartado y discontinuado por motivos de salud pública y un agotamiento de su limitado período de vida estructural, este tipo de cañerías han agotado su vida útil de entre 20 a 30 años y constituyen un riesgo sanitario y técnico, debido a la exposición a fallas que pueden derivar en fisuras, filtraciones y colapsos parciales de la red. Su reemplazo por sistemas de tuberías de cañerías de PVC de clase 8 y HDPE o materiales con mayor resistencia es una prioridad urgente, sobre todo en las áreas de mayor acumulación de habitantes y asentamientos precarios (Salgado Herrera, 2021, pág. 15).

Un segundo hallazgo es la inexistencia sistemática de cámaras de inspección cada 50 metros, tal como lo estipula la normativa técnica ecuatoriana, la falta de estos elementos dificulta la operación y el mantenimiento del sistema y la posibilidad de

identificar a tiempo obstrucciones o colapsos, lo anterior no solo aumenta los costos de la intervención correctiva, sino que también limita la capacidad de respuesta frente a emergencias sanitarias.

Consecuencias observadas:

- Reboses recurrentes en horas de mayor demanda hidráulica.
- Afluencia de aguas residuales a las calles y aceras, afectando la salubridad pública.
- Malos olores permanentes, especialmente en las zonas planas sin pendiente suficiente.
- Colapsos parciales de las tuberías antiguas con afectación a la infraestructura vial.

Consideración técnica. Para este caso, el diagnóstico evidencia la necesidad de un proceso en rehabilitación estructural y rediseño hidráulico para el sistema de alcantarillado de El Recreo bajo los parámetros de capacidad futura, materiales adecuados y mantenimiento a la norma, de igual manera, como parte del plan maestro de saneamiento del cantón Durán, se recomienda la implementación de un detalle pendiente de los materiales instalados y los puntos críticos.

2.2.9 Necesidad de actualización normativa y planificación técnica

El estado actual del sistema de Alcantarillado Sanitario del Sector El Recreo, evidencia no solo falencias físicas, sino también, vacíos en la aplicación de herramientas modernas para la planificación y control técnico, en esta perspectiva, se hace imprescindible la aplicación de una actualización normativa integral y, la planificación basada en evidencia técnica, para enfrentar de manera sistémica los desafíos de la infraestructura sanitaria urbana.

Dentro de los aspectos referidos destaca la utilización de tecnologías de modelado hidráulico utilizando para el caso de redes de distribución de agua el EPANET y en redes de sistemas de aguas residuales y pluviales, el SWMM, modelo

de gestión de aguas pluviales. Técnicamente, estas herramientas permiten simular el comportamiento hidráulico en presencia de distintas condiciones de carga y topografía, lo que implica desde el identificar cuellos de botella hasta, predecir puntos críticos de rebose y con ello, diseñar soluciones más costo eficientes y sostenibles.

Además, los manuales técnicos del BID y la OPS recomiendan ampliamente el uso de tecnología de inspección cerrada mediante cámaras CCTV, esta tecnología permite la evaluación no destructiva de las condiciones internas de las tuberías, observando fisuras, sedimentación y conexiones defectuosas, entre otras patologías, su implementación corriente conduciría, por un lado, a menores costos de mantenimiento y operación y, por otro lado, a una vida útil prolongada de la planta y el sistema.

Otra herramienta fundamental es la incorporación de Sistemas de Información Geográfica en la administración del alcantarillado, la videografía permitiría mapear en tiempo real los sistemas, fallas, conexiones domiciliarias y áreas de riesgo sanitario, promoviendo la toma de decisiones oportuna en territorios específicos (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2024).

Desde el plano normativo, resulta imprescindible el cumplimiento estricto de las Normas Ecuatorianas de la Construcción INEC y más específicamente, las que refieren al diseño hidráulico, materiales, pendientes, cámaras de inspección y ventilación, ese cumplimiento deberá ser complementado con procesos de fiscalización técnica municipal más exigentes, que no solo involucren las nuevas obras, sino también los sistemas preexistentes, áreas en las que la debilidad institucional de la vigilancia técnica ha sido recurrentemente vista por el MAATE y la Defensoría del Pueblo como uno de los motivos de la persistencia de deficiencias estructurales en la prestación de los servicios (Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de Construcción , 2011).

Una planificación técnica estratégica a mediano y largo plazo, articular el Gobierno Autónomo Descentralizado de Durán con la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado sobre Durán y el MAATE resulta esencial para garantizar inversiones sostenidas, cobertura a los sectores más críticos, y alineación

con la política de Objetivos de Desarrollo Sostenible, en especial el agua limpia y saneamiento.

2.2.10 Vinculación con políticas públicas y sostenibilidad

La demanda del alcantarillado no se basa por sí sola, sino que se concibe como un marco conceptual general para una política de desarrollo territorial, salud pública y sostenibilidad ambiental. La mala gestión de las aguas residuales, entre sus impactos inmediatos, produce efectos sobre la salud de la población, contamina los cuerpos de agua, degenera los ecosistemas urbanos y no cumple con la meta de desarrollo sostenible nacional e internacional.

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, plantea algunos principios conceptuales respecto al cumplimiento de una gestión integrada del agua, los enfoques ecosistémicos y la participación de los actores del territorio. Reconoce como derechos humanos los derechos al agua y el saneamiento, promueve el establecimiento de dispositivos para la planificación participativa y la gestión comunitaria de este recurso, principalmente en Regiones Urbanas con problemas estructurales como el Recreo (Asamblea Nacional, 2014).

De la misma forma, el Código Orgánico del Ambiente el COA refuerza la obligación legal para la implementación de sistemas de alcantarillado según criterios de sostenibilidad, prevención de impacto, licenciamiento de zonas de influencia y vigilancia permanente de la calidad del efluente. Además, el COA exige la elaboración de planes de manejo ambiental, lo cual obliga a los municipios a articular sus principales acciones de planificación urbana y gestión ambiental. Asimismo, los lineamientos del MAATE, julio 2024 exigen reforzar la capacidad institucional del GAD para el saneamiento integral, medidas como la repotenciación de cloración, medición de caudales, planes de uso eficiente y mecanismos de descontaminación de son recomendados. Estas reglas legales y técnicas son herramientas operativas clave para fortalecer el sistema de alcantarillado de manera coordinada con las empresas prestadoras de estos servicios (Recalde Larrea, 2024).

Los enfoques de resiliencia climática, equidad territorial y sostenibilidad financiera son indispensables a los fines de los planes de mejoramiento del alcantarillado, en línea con la Agenda 2030 y los ODS, en particular el ODS 6, garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Así, se requiere a los fines de estos planes: invertir en sectores vulnerables, incorporar tecnología limpia y fomentar la corresponsabilidad ciudadana en el cuidado de la infraestructura sanitaria y los proyectos de rediseño o ampliación del alcantarillado en Durán deben ser integrados a los a los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de la ciudad, propendiendo la coherencia de tales propuestas con políticas de crecimiento urbano, mitigación de riesgos y adaptación al cambio climático (Esferes Estudios, 2019, pág. 8).

2.2.11 Justicia Hídrica y Derecho al Saneamiento

El concepto de justicia hídrica es un enfoque emergente en materia de agua y saneamiento, en tanto reduce la calidad del acceso a estos dos servicios no sea una función de la capacidad de las personas para pagar, su ubicación geográfica o su categoría social, sino más bien que su calidad y disponibilidad asequible y segura son un derecho humano. Dicho enfoque trasciende el enfoque de la intervención reguladora y financiera para abarcar preocupaciones sobre derechos, equidad en la oferta y sostenibilidad social en el servicio. A nivel internacional, el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas, en su Observación General N ° 15 de 2002 (Organización de las Naciones Unidas, 2003) hizo caso en su planteamiento específicamente del derecho al agua que la obligación de los estados era la de garantizar que el acceso al agua y el servicio sea disponible, accesible físicamente, asequible económicamente, aceptable culturalmente y seguro desde el punto de vista sanitario.

En el caso ecuatoriano, el artículo 12 de la Constitución de la República del Ecuador establece que “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable”, reconociendo este recurso como un patrimonio nacional estratégico de uso público, el artículo 318 establece que su gestión debe ser pública o comunitaria, prohibiendo toda forma de privatización. A pesar de estos avances normativos, la materialización

efectiva de este derecho enfrenta múltiples obstáculos estructurales, tales como deficiencias en infraestructura, inequidades territoriales, baja inversión en mantenimiento y débil control institucional (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

En zonas periféricas urbanas como El Recreo, en el cantón Durán, estas problemáticas se manifiestan de manera crítica. Informes del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2024) y diagnósticos técnicos municipales revelan carencias en cobertura, reboses frecuentes, uso de materiales obsoletos (como cemento-asbesto), y escasa participación comunitaria en los procesos de fiscalización, todo esto evidencia una inequidad estructural en el acceso a saneamiento digno, lo que vulnera directamente el derecho reconocido constitucionalmente y agrava las condiciones de pobreza y marginación.

En este sentido, la justicia hídrica demanda no solo ampliar la cobertura de los servicios, sino asegurar la calidad, la continuidad y la accesibilidad para todas las personas, especialmente en poblaciones antes excluidas por sistemas de servicios históricamente segregados, tal visión solo puede ser posible con políticas públicas interconectadas, cohesivas y complementarias a escala nacional, provincial y municipal, con participación comunitaria, garantías de control social y marcos normativos puntuales, del mismo modo, los principios de igualdad subyacente y de no discriminación, como un criterio amparado en la jurisprudencia internacional y avalado en la Corte Constitucional del Ecuador, deben priorizar las inversiones públicas en saneamiento, según criterios de vulnerabilidad territorial, de género y de situación socio-económica, el uso de instrumentos tales como los mapas de brechas de accesibilidad, los presupuestos participativos con enfoque de equidad, los sistemas de información geográfica y otros, permiten establecer una gestión territorial justa en el ámbito del saneamiento (Aldama et al. 2024).

2.2.12 Problemáticas Comunes en Sistemas de Alcantarillado

En muchos de las ciudades de América Latina, entre las que se encuentra Ecuador, los sistemas de alcantarillo sanitario se ven inmersos en una serie de problemáticas de carácter estructural, operativo y de gestión que atentan gravemente contra su capacidad para proveer condiciones de salubridad, sostenibilidad y funcionamiento deseadas.

La realidad es que estos atrasos son más frecuentes en ambientes urbanos que, como lo muestra el caso de Malargüe, han crecido a ritmos intensos, es decir, la expansión de las urbes ha superado o ha sido más rápida que la capacidad instalada de las redes sanitarias. Por un lado, por la improvisación planificadora en todo lo que tiene que ver con el territorio, la mínima institucionalidad que garantizan los gobiernos locales propios y la inversión magra en infraestructura para esto, como consecuencia, sus sistemas empeoran progresivamente.

Una de las razones de estas afecciones es, de manera recurrente, la falta de mantenimiento preventivo y correctivo, lo que propicia obstrucciones, acumulación de sedimentos y colapsos parciales de la red.

Según Romero (2018), citado por Ayala (2022):

Las redes que operan sin itinerario de inspección y limpieza se ven afectadas por la sedimentación de sólidos, crecimiento de raíces, acumulación de grasas y residuos sólidos, hecho que afecta la capacidad hidráulica de los conductos y a la condición de rebosaderos, estas situaciones, en zonas como el Recreo, han sido ampliamente denunciadas por la comunidad, sin existir hasta ahora una respuesta técnica sistemática por la entidad competente según Romero.” (pág. 12)

Otro problema crítico se relaciona con el uso de materiales obsoletos o inadecuados, muchos de los cuales ya han excedido la vida útil o las normas técnicas vigentes, las tuberías de hormigón degradadas, con conexiones de asbesto-cemento no revestidas y las juntas de estanqueidad desgastadas no resisten las cargas actuales del sistema, generando fisuras y filtraciones, así como hundimientos, este tipo de deterioro estructural eleva de manera exponencial los costes de rehabilitación,

lo que se agrava cuando no se dispone de un catastro actualizado de redes o una planificación adecuada de renovación por fases.

Asimismo, debe mencionarse que la proliferación de conexiones clandestinas, tanto domiciliarias como industriales, es un fenómeno habitual que pone en riesgo el funcionamiento del sistema, a saber, estas conexiones ilegales alteran el caudal previsto en el diseño original, introducen residuos no tratados directamente en la red, y generan presiones que exceden el límite soportable por los colectores, lo que causa rebalses, no es solo responsabilidad del municipio como órgano regulador, es también responsabilidad de los ciudadanos, que no hacen esfuerzo hacia la concientización sobre el impacto que sus usos erróneos tienen en el conjunto.

En este sentido, uno de los efectos más evidentes de estas deficiencias es el desborde de agua servida en la vía pública, especialmente desagradable en la época del año o en situaciones de alta demanda hídrica. Esta forma de desborde, independientemente de los materiales y la fuerza deposicional en la acera, implica una grave exposición de la población a contaminantes patógenos, olores ripios y una reducción de la calidad del envasado urbano, en situaciones de urbanización precaria, la falta de segregación entre la red sanitaria y invernall implica un riesgo epidémico importante, las patógenas hídricas, como la diarrea, la leptospirosis y otras afecciones dérmicas y de las vías respiratorias, encuentran en estas áreas una oportunidad para la reconstrucción (Defensoria del Pueblo del Ecuador, 2018, pág. 26).

Estas no son solo cuestiones técnicas, también sociales y económicas, la falta de respuestas a los problemas de saneamiento provoca conflictos locales, descontento generalizado y reducción de la calidad de vida de la población, en especial en sectores de bajos ingresos, la desidia de los organismos responsables alimenta una creciente desconfianza institucional y favorece los patrones de desigualdad en accesibilidad de servicios, a largo plazo, la falta de inversión en la rehabilitación y el mantenimiento establece un ciclo de ineficiencia: los costos de reparar aumentan, mientras que las condiciones de vida empeoran, lo cual representa mayores costos para la salud pública.

En este marco, la integración de los problemas relacionados con el sistema de alcantarillado demanda un enfoque que articule la dimensión diagnóstica del problema con una estrategia de gobernanza participativa, regulación, fiscalización y modelos de intervención sustentables, solo así el alcantarillado sanitario se ajustará a su principal función, de proteger la salud y facilitar el equilibrio entre el ser humano y la naturaleza en los entornos urbanos.

2.2.13 Diseño Técnico e Hidráulico del Alcantarillado Sanitario

El diseño técnico e hidráulico de un sistema de alcantarillado sanitario es un proceso esencial para su funcionalidad, durabilidad y eficiencia frente a las demandas actuales y futuras de una población, dado que el alcantarillado principalmente opera por gravedad, a diferencia de otros sistemas presurizados hidráulicos, se requiere planificación en las colinas, el flujo y los acantilados y un balance adecuado entre los diámetros y la selección de materiales, estos deben estar estrechamente relacionados con el crecimiento demográfico, la densidad, uso del suelo y el consumo de agua (Zambrano Arévalo , 2020, pág. 19).

En este tipo de diseño, uno de los principios clave es asegurar que el flujo dentro de las tuberías mantenga una velocidad mínima constante, de esta manera, se impide que la sedimentación de sólidos se deposite y se logra que los residuos sean llevados de manera eficiente hacia las estaciones de tratamiento o puntos de descarga final, para que ello sea posible, la pendiente con la que se construyan los tubos debe encontrarse en un rango adecuado de inclinación, de lo contrario, si son muy bajas, facilitan que los residuos se depositen debajo del equipo, mientras que si son muy pronunciadas, podrían provocar erosión interna y desgaste de los materiales, por ejemplo, las establecidas en las Normas Ecuatorianas de la Construcción NEC, establecen rango de velocidad de y tipo de tubería dependiendo el diámetro y tipo de fluido:

Otro parámetro crítico que debe dimensionarse con base en el caudal esperado es el diámetro de las tuberías, en este sentido, se realizan estimaciones del consumo de agua potable, la dotación por cápita (Litros por persona por día) y los coeficientes de retorno o el porcentaje del agua consumida que vuelve como agua residual, la tasa de crecimiento demográfico previsto en el área de cobertura conduce

a un período de diseño que, si es muy corto, conduce a la obsolescencia prematura del sistema y, si muy largo, conduce a un diseño de redes subdimensionadas, lo que reduce la vida útil del sistema. si los usuarios vuelven a instalar sus conexiones para obtener un mejor servicio (sabspa, 2023).

Además, la selección del material afecta directamente la eficiencia y la vida útil del sistema. Hasta ahora, el PVC, el hormigón armado y el HDPE son los materiales más comunes. PVC destaca por su resistencia química, fácil instalación y bajo costo, mientras que está limitado a medios y pequeños diámetros, por otro lado, el hormigón es ideal para grandes colectores debido a su resistencia estructural, sin embargo, es susceptible a agentes corrosivos. (WI Plastics, 2022) La tubería HDPE, por otro lado, se encuentra en un término medio, presenta una excelente resistencia a la abrasión, flexibilidad, así como la explotación de la termo fijación al precio de vida más caro, un factor determinante es factores como la profundidad de instalación, la carga del suelo, la agresividad del fluido residual y la disponibilidad local.

Adicionalmente, independientemente de los datos físicos de diseño, también son necesarios aquellos asociados a factores socio-técnicos como la densidad poblacional y los hábitos de consumo de agua, entre otros, en conjunto con la eventual posibilidad de realización de conexiones al sistema en el futuro, estos se obtienen a través de estudios de campo, catastros urbanos y proyecciones de crecimiento urbano, para asegurar que se construya una red dimensionada adecuada, de igual forma, se debe considerar el acceso periódico para mantenimiento a las tuberías, incorporando pozos de revisión, cámaras de inspección y válvulas de aireación en la red, con el fin de que el mantenimiento y las eventuales expansiones y remodelaciones de la red puedan hacerse con tranquilidad.

Por último, es vital tener en cuenta que un diseño técnico e hidráulico exitoso no concluye en la instalación de la infraestructura adecuada, sino que prevé adecuadamente los planes de operación y mantenimiento a futuro. La rehabilitación, el control de obstrucciones y la actualización de los registros catastrales son aspectos críticos para el desempeño de la infraestructura, especialmente en entornos altamente urbanizados y poblados como sectores El Recreo en Durán, el cual ve agravada su propia red de saneamiento debido a fallas del diseño original.

El diseño técnico e hidráulico del alcantarillado no es un mero cálculo de pendientes y caudales, sino una actividad que debe responder a criterios técnicos, sociales y ambientales, considerando un horizonte de tiempo considerable y bajo un enfoque de sostenibilidad, su correcta elaboración permite garantizar condiciones adecuadas de salubridad, preservar el recurso hídrico y fomentar la urbanización planificada.

2.2.14 Mantenimiento y Rehabilitación de Redes

Es importante destacar que la debida provisión de servicios de mantenimiento de SS es una condición necesaria para garantizar su operación confiable, extensión del ciclo de vida y prevención de las fallas estructurales y sanitarias. En el entorno urbano descrito en el precedente de este documento, esta función se destaca en el ámbito de políticas públicas por la presencia manifiesta de infraestructura existente que ha alcanzado su ciclo de vida o no puede soportar el área de drenaje, la falta de actividad en esta dirección conduce a la necesidad de evitar consecuencias desastrosas que van desde la obstrucción repetida hasta rebosamientos, colapsos, daños a la carretera y factores perjudiciales para la salud (Fractal, 2025).

El mantenimiento puede dividirse en dos enfoques generales: preventivo y correctivo, el preventivo comprende acciones periódicas como limpieza de redes, inspecciones con herramientas de monitoreo masivo, prueba de la resistencia a la transferencia de gases y medición periódica de flujos. Estas prevenciones permiten detectar signos prematuros de degeneración, sedimentos o degradación de la pendiente hidráulica, por otro lado, el correctivo se lleva a cabo después de que ocurra la falla, como la ruptura de líneas, hundimientos o reboses, son más caras económicamente, sociales y ambientalmente.

En cuanto a la rehabilitación, existen métodos tradicionales, así como tecnologías modernas, lo que ha cambiado en gran medida el enfoque a las intervenciones sobre redes deterioradas. Entre estas últimas, se destacó la técnica CIPP. Sustituyendo la tubería con una resina termo endurecible sin necesidad de excavación, CIPP (Cured in place pipe – Tubería curada en el lugar) implica la

instalación de una tubería nueva dentro de la antigua, esta solución ha demostrado ser extremadamente efectiva en áreas de alta densidad de tráfico o densamente pobladas ya que requiere no obras de zanjado, lo que reducirá significativamente la cantidad de tiempo necesario para volver a llenar (Dirección Metropolitana de Hidroinformática, 2024).

Por otro lado, la rehabilitación puede utilizar la Inspección No Invasiva con las herramientas de cámaras de circuito cerrado, georradars, drones y software de mapeo hidráulico, que permiten obtener una reconstrucción del estado estructural interno de las redes con gran precisión, estas permiten una mayor racionalidad tecnológica en las decisiones de qué tramos requieren renovación total, reforzamiento o simplemente limpieza.

Desde una perspectiva de gestión institucional, el mantenimiento y rehabilitación de redes debe enmarcarse en un modelo de planificación urbana con presupuestos asignados, cronogramas definidos y participación ciudadana, como lo han demostrado experiencias de municipios exitosos en América Latina, los planes de saneamiento más efectivos son aquellos que conjugan tecnología con voluntad política y mecanismos de control social, por este motivo, resulta fundamental que empresas públicas como EMAPAD-EP reemplacen los actuales esquemas administrativos por modelos propios de gestión basados en indicadores de desempeño, sistemas de georreferenciación de daños y transparencia en la ejecución presupuestaria (Moeve, 2025).

Por último, la rehabilitación de redes no puede definirse como una medida única, sino que forma parte directa de un continuo en el que con el que implica evaluación, planificación y mejoramiento del sistema, la continuidad del servicio es función de la capacidad del municipio de anticipar riesgos, hacer frente al crecimiento urbano y de actualizar la infraestructura de acuerdo con criterios técnicos, ambientales y sociales conjuntamente.

2.2.15 Participación Comunitaria y Gestión Social

El tercer componente horizontal analiza la participación social en la operación y mantenimiento del servicio, en el caso del alcantarillado sanitario, su implementación en entornos urbanos es vital, dada la presión sobre la infraestructura causada por el crecimiento demográfico y la capacidad institucional limitada, la participación social impulsa el funcionamiento duradero del sistema y fomenta un sentido de apropiación social y responsabilidad, también alienta la vigilancia de la gente sobre los bienes públicos (Fundación Así Vamos en Salud, 2018).

El eje rector de la participación comunitaria radica en la detección de fallas, desde esta perspectiva funcional, la Comunidad es oportuna para la identificación de reboses, taponamiento, rotura de tuberías, olores entre otras afecciones, pues, los residentes territoriales cuentan con la capacidad de ser los principales usuarios directos del sistema, por lo tanto, la información colectada en el territorio es complementaria a los estudios técnicos que los entes responsables realizan previo informe técnico, asimismo, la generación de mejores canales de denuncia y reporte de incidencia dirigidos a la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Durán (EMAPAD-EP) y a los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD).

La participación social es directamente vinculada con la sostenibilidad operativa y ambiental del sistema, la educación comunitaria sobre el buen uso del sistema de alcantarillado, como no arrojar basura sólida, grasas o productos químicos en la red, es fundamental para reducir las obstrucciones y, de esta forma, extender su vida útil, en este aspecto, las campañas de difusión, la creación de comités de barrio de saneamiento y los programas de vigilancia vecinal han sido exitosos en diversos proyectos de agua y saneamiento en América Latina.

Desde una perspectiva de gobernanza territorial, permitir a la comunidad formar parte activa de los procesos de planificación, monitoreo y evaluación de proyectos de mejoras en el sistema sanitario, en otras palabras, no se trata de que las soluciones técnicas abarquen la realidad del territorio, sino de que la comunidad esté empoderada para meter ese territorio en las decisiones técnicas, la ventaja de esta estrategia es que la participación, no queda en consulta simbólica, sino que se da privilegiando mecanismos como asambleas comunitarias, mesas de diálogo, veedurías ciudadanas, presupuestos participativos y otros, la consecuencia se

manifiesta en una legitimación de las decisiones técnicas, menos conflictividad social y cultura de corresponsabilidad (Hernández, 2020).

En el caso de la Cdla. El Recreo, cantón Durán, la ausencia de canales comunitarios formalmente estructurados ha limitado la articulación entre usuarios y autoridades y, en tal medida, la capacidad de respuesta a situaciones de emergencia sanitaria, de acuerdo a lo anterior, toda propuesta técnica de mejora debe incluir un componente de gestión social que promueva la institucionalización de la participación comunitaria, en condiciones de inclusión y equidad, esto implica que sectores históricamente marginados, tales como las mujeres, discapacitados y población pobre, tengan una voz activa en la toma de decisiones.

El activismo comunitario no solo mantiene el funcionamiento diario del sistema de alcantarillado, se convierte en el pilar de su gobernanza democrática, resistencia y operación durable, la gestión eficaz del sistema de alcantarillado urbano es imposible sin otra combinación de soluciones técnicas y procesos sociales, organizadas sobre la base de un enfoque integrado para formar una estrategia robusta de ordenamiento territorial y cooperación territorial inclusiva.

2.2.16 Resiliencia y Adaptación al Cambio Climático

El cambio climático presenta desafíos sin precedentes para la infraestructura de saneamiento urbano, amenazando a las áreas con una mala planificación del saneamiento y las estaciones o sistemas de alcantarillado sobrecargados o deteriorados, la resiliencia del alcantarillado sanitario se convierte en un aspecto clave de cómo se mantiene en funcionamiento el sistema durante situaciones como lluvias torrenciales, inundaciones, aumento de los niveles de agua y el hundimiento de las tierras debido al deterioro acelerado de la humedad y el ciclo seco.

La resiliencia, entendida como “la capacidad de anticiparse, absorber y recuperarse de impactos adversos, debe integrarse al proceso desde el diagnóstico, a la hora de rediseñar redes, en zonas como El Recreo, en donde la red sanitaria posee serie de deficiencias estructurales y operativas, la lluvia excede la capacidad de napa de terrenos, por lo que el sistema queda desbordado y se producen reboses

en cámaras de revisión, ingreso de agua pluvial al sistema sanitario y descarga de aguas domiciliarias sin tratar en la vía pública o cauces (Unión de científicos conscientes, 2022).

Otra estrategia fundamental de adaptación es el diseño de sistemas hidráulicos redundantes y flexibles, con la capacidad de operar caudales superiores a los originalmente proyectados, incluye la construcción de tanques de retención temporal, módulos hidráulicos con válvulas de antirretorno, colectores paralelos de emergencia y más estaciones de bombeo con reservas de capacidad, se realiza la modelación hidráulica con escenarios climáticos, para simular comportamientos del sistema ante tormentas más intensas, prolongadas y adelantarse en puntos críticos y soluciones más robustas a nivel de ciudad.

Otra dimensión importante es la selección de materiales resistentes a la humedad y la abrasión, así como capaces de amortiguar las variaciones térmicas y los movimientos del terreno, como el HDPE (High Density Polyethylene - polietileno de alta densidad) o tuberías reforzadas con sistemas de sellado incorporado, lo que contribuye a la durabilidad del sistema en escenarios más hostiles, asimismo, el trazado de las redes debe ceñirse a áreas sin riesgo geotécnico, como los suelos expansivos y las áreas de deslizamiento, que son igualmente exacerbados por la saturación pluvial (Envaselia, 2020).

La resiliencia también significa una gestión dinámica y multiescalar que vincule las políticas públicas de saneamiento con los planes de gestión de riesgos, el ordenamiento territorial y el cambio climático, los instrumentos, como los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial y elaboración, las municipales y de contingencia climática, deben incorporar criterios técnicos para la adaptación del sistema sanitario, especialmente para las ciudades costeras o asentamientos en llanuras aluviales, como Durán.

La educación comunitaria y la participación social son claves para fortalecer la resiliencia del sistema, la preparación para emergencias, la disposición adecuada de residuos, la alerta rápida de fallos y el conocimiento del riesgo ambiental disminuyen la vulnerabilidad local, esto consolida una perspectiva de alcantarillado no solo como

obra civil, sino como un sistema socio-ecológico que necesita estrategias complejas para afrontar la actual y futuras amenazas del cambio climático.

2.2.17 Modelación Hidráulica y Herramientas Digitales

La herramienta de la modelación hidráulica se convierte en un aporte clave para el diseño, diagnóstico y óptima de sistemas de Alcantarillado sanitario, en particular en entornos urbanos verticales y deteriorados, como el caso del sector El Recreo en el Cantón Durán. A través de la simulación digital, se permite estudiar críticamente la red de manera virtual bajo diferentes escenarios de carga, caudal y pendientes, eventos extremos, lo que se traduce en la capacidad de poder predecir fallas antes de que estas ocurran, confirma propuestas de intervención y distribución de redes y por, sobre todo, optimizar las inversiones públicas (Acosta Vásquez & Vera Chilán, 2016).

Uno de los programas más conocidos de la ingeniería sanitaria es SWMM o Storm Water Management Model, fue desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, la agencia protección ambiental de Estados Unidos, y se utiliza para simular sistemas combinados de recolección y evacuación pluvial-sanitario en su respuesta a diferentes condiciones hidráulicas y climáticos, SWMM puede modelar flujos no permanentes, eventos de lluvia, infiltración y evaporación, almacenamiento, lo que lo hace especialmente relevante para ciudades con deficiente recolección y eliminación de aguas residuales (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2016).

Se encuentra EPANET, desarrollado también por la EPA, que, aunque en inicio pensado para redes de agua potable, se ha complementado con módulos para evaluar presiones, caudales y tiempos de tránsito, dado su utilidad en tramos de alcantarillado presurizados o con estaciones de bombeo, donde la presión y el tiempo de respuesta son críticos. En proyectos donde se precise un diseño detallado, programas como Autodesk Civil 3D permiten modelar tridimensionalmente las redes sanitarias, integrando variables geotécnicas, topográficas y estructurales del entorno urbano, este último, usado en conjunto con software SIG (Sistemas de Información Geográfica) fortalece la dimensión espacial del análisis.

La principal ventaja de estas herramientas es su capacidad para prever situaciones de sobrecarga, sedimentación, reboses o puntos de falla, incluso antes de ejecutar intervenciones físicas, esto permite realizar simulaciones de escenarios futuros, considerando el crecimiento poblacional, la expansión de la mancha urbana y los impactos del cambio climático. Por ejemplo, al ingresar datos actualizados sobre dotación per cápita, coeficientes de retorno y perfiles de escorrentía, se puede ajustar el diseño hidráulico a condiciones realistas y prevenir colapsos a mediano y largo plazo (Naciones Unidas, 2019).

Estas herramientas contribuyen a la eficiencia de carácter administrativo y también tecnológico a la hora de tomar decisiones, ya que posibilita a través de la evaluación de múltiples opciones de diseño la comparación de los mismos en función de su costo-beneficio, su funcionalidad, durabilidad y adaptabilidad, su utilización es de especial utilidad para la presentación de los proyectos ante organismos de financiamiento o de asistencia técnica internacional, ya que en la actualidad requieren una mayor prueba técnica basada en simulaciones.

En el caso de Durán, las herramientas de modelado hidráulico digital posibilitan superar la tradicional dependencia de los diagnósticos visuales o empíricos y avanzar hacia una planificación basada en datos y predictiva, la digitalización de los sistemas de saneamiento encuadra en los objetivos de desarrollo sostenible, sobre ciudades inclusivas y resilientes de infraestructura segura.

2.2.18 Gestión Integral de Aguas Residuales

La gestión integral de aguas residuales implica no solo la recolección y conducción segura de los efluentes domésticos, industriales y comerciales, sino también su tratamiento, reúso y disposición final, enmarcados en políticas públicas que garanticen la sostenibilidad ambiental y la salud pública. Esta visión sistémica es esencial para superar enfoques fragmentados que han limitado la efectividad de los servicios de saneamiento en contextos urbanos como el del sector El Recreo, en Durán (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2024).

En términos técnicos, la gestión integral comienza con la recolección eficiente de las aguas residuales mediante alcantarillados dimensionados y mantenidos, luego de estos pasos, las partículas deben ser derivadas a plantas de tratamiento que permitan disminuir la carga orgánica, los nutrientes y patógenos, a fin de ser nuevamente volcados en cuerpos hídricos o reutilizados. Dependiendo de los usos posteriores del agua tratada y de las normas ambientales nacionales, el proceso puede ser primario, secundario o terciario.

El reúso controlado de aguas residuales, bajo un marco normativo cada vez más promovido en todo el mundo, es una estrategia central para disminuir el estrés hídrico, particularmente en zonas urbanas con gran demanda, en el caso de Ecuador, si bien hay avances normativos para permitir el reúso para riego en agrícola y recarga de acuíferos, la implementación es limitada por la falta de inversión y planificación integral, no obstante, las experiencias de otros países como Chile, México o España demuestran que el reúso con un adecuado control sanitario es un área que puede transformarse en la base de la economía circular urbana (Organización de las Naciones Unidad, 2021).

La disposición final, por otro lado, debe cumplir con ciertos criterios de seguridad ambiental. Si las aguas residuales se descargan al río o al estero sin tratarlas o mal tratadas, puede provocar eutrofización, mortandad de peces, diseminación de enfermedades, también es contrario al derecho humano al agua y al saneamiento del artículo 12 de la Constitución de la República del Ecuador, que tiene sus principios en el Código Orgánico del Ambiente y lo que regulan las normas técnicas del MAATE (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

La gestión integral no está desligada de la política pública, así implica, además, la interinstitucionalidad que los gobiernos municipales, entidades de cuenca, ministerios sectoriales y comunidad, así, la alianza público-privada deberá responder a un modelo de gobernanza integral con mecanismos a largo plazo de financiamiento sostenible, participación de usuarios en control del servicio, disposición de tecnologías sostenibles para la calidad de control continuo. Es así como un enfoque de ecosistema en la gobernanza, garantiza que este no sea un simple emisor, sino parte de un sistema integral, eficaz y sostenible.

Dentro de este esquema, el rediseño del sistema de alcantarillado sanitario de El Recreo no debería limitarse a lo estructural, sino además de eso, considerar las futuras conexiones a plantas de tratamiento, los posibles usos del agua tratada y sobre los mecanismos de control ambiental. Estar incorporado en la propuesta técnica granza al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, siendo uno de los compromisos referidos al ODS 6 “Agua limpia y saneamiento” y refuerza la resiliencia del territorio frente a los desafíos del crecimiento urbano y del cambio climático.

2.2.19 Impactos de un Mal Alcantarillado en Zonas Urbanas

La falta o el funcionamiento inadecuado de un sistema de alcantarillado que sea funcional en lo que tenga que ver para con los desechos de forma adecuada en entornos urbanos no es solo una falla de una de las infraestructuras más críticas, sino también una amenaza puntual y polifacética a la salud pública, la sostenibilidad medioambiental y la justicia social, en situaciones de rápida urbanización, como en el caso de la periferia de la ciudad del cantón Durán, un sistema de alcantarillado defectuoso se transforma en un factor organizativo clave que incrementa la vulnerabilidad de la población, sobre todo la que habita en dificultades (Organización Mundial de la Salud, 2024).

En lo que se refiere a elenco sanitario, sus primeras y más evidentes manifestaciones son el aumento de enfermedades infecciosas, en primer lugar, gastrointestinales, como la diarrea y el cólera, y enfermedades de la piel y el sistema respiratorio asociadas con la exposición a largo plazo a aguas residuales no tratadas.

La mezcla de aire, sol y agua precalentada es apetecible para los bañistas, pero también para los microorganismos patógenos presentes en la cuenca, cuando el agua contaminada por Aguas Negras se desborda en las calles, patios o cercanías de las viviendas, los patógenos encuentran condiciones ideales para propagarse y enfermar a los sorbetes, con una epidemia de lúes, alcantarillados abiertos suelen resultar insuficientes, la enfermedad afecta en forma más severa a niños, personas mayores y poblaciones inmunocomprometidas, en efecto, en muchas comunidades

urbano marginales, la falta de alcantarillado se traduce en focos permanentes de infección que saturan los sistemas de salud locales (Rezzano et al. 2021).

Por otro lado, también son preocupantes los impactos ambientales, el derrame de aguas residuales sin tratar en cuerpos de agua como quebradas, ríos o canales pluviales genera la contaminación superficial y subterránea de las aguas, disminuyendo la oferta de agua limpia para el consumo humano, la irrigación o la recreación.

También hay que considerar que se liberan gases tóxicos, como el sulfuro de hidrógeno, durante la descomposición anaerobia de la materia orgánica en las aguas negras, este gas, que se caracteriza por un distintivo olor a huevo podrido, no solo es irritante en cantidades significativas, sino que también es peligroso: en grandes dosis, puede causar inflamación, náuseas vómitos e incluso intoxicación extrema.

En términos socioeconómicos, un mal sistema sanitario incide directamente en la calidad del hábitat urbano, las zonas afectadas por constantes reboses o saturación de redes tienden a padecer una depreciación del valor del inmueble y, consecuentemente, una retracción de la inversión del sector privado, lo que profundiza la segregación espacial, los espacios públicos como aceras, calles y parques se vuelven inutilizables o peligrosos, profundizando el deterioro del tejido urbano, esta situación, por otro lado, también impulsa un círculo vicioso: la infraestructura ineficaz espanta a la inversión y, al mismo tiempo, inmoviliza la inversión local en un desarrollo sostenible (Libertun, 2022).

La falta de acceso a la infraestructura de alcantarillado social también refleja y reproduce las desigualdades estructurales agravadas, el derecho y el Estado constitucional, como un derecho al ambiente sano, la protección de la salud, a vivir en un lugar adecuado y a tener acceso a servicios básicos, las personas que no viven con la infraestructura deseadas, son afectadas directamente en derechos elementales y fundamentales, esta situación contradice directamente los conceptos de justicia social y equidad territorial, por eso, el alcantarillado social en mal estado no es solo un problema técnico, sino también ético, político y legal.

El impacto de estas deficiencias en un sistema de salud de zonas marítimas urbanas es integral y profundo: afecta el bienestar físico de las personas, contamina el medio ambiente natural, distorsiona la formación de la ciudad y la exclusión social, la solución a estas deficiencias no es única ni redundante, sino la cosa posible en ascenso para para que los centros urbanos parezcan más saludables, resilientes y justos (Brites, 2025).

2.2.20 Enfoques de Evaluación Técnica del Alcantarillado Sanitario

La evaluación técnica del sistema de alcantarillado sanitario resulta una etapa imperante para asegurar la operatividad, seguridad y permanencia de la infraestructura, más allá de la etapa de diseño y ejecución, es este proceso el que permite desenterrar fallas invisibles, deterioros continuos, deficiencias operacionales que podrían desencadenar la crisis de saneamiento y daños estructurales, de esta manera, la evaluación justifica el proceso de asunción de decisiones y permite planificar acciones correctivas y preventivas que permitan asegurar el correcto saneamiento de aguas (Saltos Sánchez et al. 2018).

Uno de los enfoques iniciales que se deben realizar en el diagnóstico del sistema es estructural, lo que incluiría revisar con detalle los elementos físicos: material utilizado, edad, deterioro de la tubería, profundidad de la red, calidad de las uniones y lodos, diseño de las pendientes, la inspección en cámaras de revisión o registros son fuentes de información inicial, pero, es imperativo el uso de herramientas para detección de corrosión, fracturas, desplazamientos o deformaciones en lugares no visibles en sistemas más extensos o complejos, un sistema mal diseñado o instalado en cualquier época, inclusive en las redes nuevas, puede resultar en una falla hidráulica, la rigurosidad en este diagnóstico es fundamental.

La evaluación funcional debería llevarse a cabo, lo que se centra en el comportamiento del sistema a lo largo del tiempo, dicho enfoque hará posible estudiar si el flujo de aguas residuales es continuo y si no se obstruye, descubrir puntos de rebose, acumulación de sedimentos o pérdida de capacidad hidráulica, los indicadores funcionales que deben estudiarse también incluyen el flujo, la velocidad de mantenimiento y los tiempos de reacción ante emergencias, dicha evaluación es

especialmente crítica para las zonas urbanas densamente pobladas: si un tramo colapsa, los residentes de cientos de edificios pueden perder sus hogares en varias horas (Reinoso Zhindón, 2023).

El avance tecnológico ha modernizado de manera importante los métodos de inspección, entre estos, las cámaras de inspección cerrada permiten visualizar el estado interior de las tuberías sin necesidad de excavación, mientras que el uso de drones permite la evaluación aérea de trazados superficiales y zonas de difícil acceso, asimismo, las pruebas de estanqueidad permiten asegurar la ausencia de fugas, infiltraciones o debilidades en el ferror, los análisis topográficos y georreferenciados brindan una perspectiva general del sistema, permitiendo relacionar datos hidráulicos con la geografía de la zona.

Además, y según se observa en la evaluación técnica, otras de las claves que complementa este procedimiento es la participación social y validación in situ, al final los propios habitantes de la zona afectada son los que padecen los desbordamientos y, pese a que puedan llegar a trivializarlos, su experiencia y disponibilidad pueden aportar información privilegiada sobre frecuencias y disparidades, áreas más perjudicadas y momentos de emergencia y posibles riesgos sanitarios, por ello, la combinación entre tecnología e información social permite elaborar diagnósticos mucho más exhaustivos, cercanos y adaptados a la realidad (Servicio de acreditación ecuatoriano, 2018).

La evaluación de ingeniería de saneamiento no es un proceso sino más bien una evaluación técnico-continua de múltiples etapas que abarca la inspección detallada, el análisis operativo y el monitoreo de herramientas innovadoras junto con la recolección de comentarios de la gente a la que se proporcionan los servicios. solo a través de dicha descripción precisa puede ser posible ofrecer recomendaciones de largo plazo, informar a las acciones que se ajusten a prioridades y garantizar el sistema de saneamiento adecuado, resiliente y accesible.

2.3 Marco legal

El marco legal que regula el diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado sanitario en el Ecuador, se erige a partir de una estructura

sistematizada de normas constitucionales, legales, técnicas y administrativas, dichas normas comprenden derechos, competencias, obligaciones y parámetros técnicos que guían la planificación y gestión de los sistemas de saneamiento; áreas que resultan particularmente relevantes respecto de las deficiencias identificadas en el Recreo.

Además, el marco legal está vinculado directamente a la planificación del desarrollo urbano, la administración del medio ambiente y la protección de derechos humanos básicos como la salud, un ambiente sano, y el acceso a servicios públicos esenciales.

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador

El marco legal del país en la Constitución de Ecuador 2008 también trabaja sobre su reconocimiento, el artículo 12 implica que “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable”: asegura que el agua sea patrimonio nacional estratégico. El artículo 66 de la Constitución de la Constitución 2008, numeral 2 establece que “Las personas y colectividades tienen derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado”, afirmando el Derecho al saneamiento como un derecho humano (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

El artículo 261 del mismo cuerpo legal fija la competencia exclusiva para el Estado central en la planificación de los recursos hídricos, el artículo 264 otorga a los gobiernos autónomos descentralizados municipales la competencia para la prestación de los servicios públicos de agua potable y saneamiento, “dentro de los principios y procedimientos de la autonomía territorial”. En este sentido, el tema del saneamiento básico no es solo una prestación técnica, sino que concierne a la totalidad del ejercicio constitucional.

2.3.2 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización

Cabe mencionar que su artículo 55, literal b)-, establece como competencia exclusiva municipal: La prestación de servicios públicos autónomos y descentralizado de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas, manejo de desechos

sólidos y control ambiental. Así mismo, a través de su artículo 140, le faculta a los gobiernos municipales a emitir ordenanzas y normativas técnicas para asegurar la calidad, cobertura y control de dichos servicios en concordancia con la normativa nacional y los estándares técnicos vigentes, es sobre esta base que los gobiernos seccionales ejercer competencia para definir sus planes de desarrollo y ordenamiento territorial, en lo que compete a la gestión del saneamiento básico, estos se orientan bajo el prisma de la equidad y sostenibilidad (Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, 2010).

2.3.3 Código Orgánico del Ambiente

Finalmente, el COA, orienta la protección del ambiente frente a las actividades humanas, en su artículo 5 numeral 7, establece que toda obra o actividad susceptible de generar impacto ambiental debe tener previamente evaluación, lo cual aplica para los sistemas de alcantarillado, también, se requiere poseer licencias ambientales, tener planes de manejo ambiental y cumplir los parámetros de vertido regulados por la Autoridad Ambiental Nacional. El Reglamento al COA, artículo 15 complementa con mayor control técnico y vigilancia sobre la calidad de las aguas residuales vertidas, son requerimientos necesarios para la no contaminación de los cuerpos receptores y menor riesgo de riesgos sanitarios (Código Orgánico Administrativo, 2017).

2.3.4 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua

La mencionada ley complementa el marco constitucional, ya que define el agua como bien nacional estratégico y establece los principios para el manejo integral del mismo, reconoce la urgencia de garantizar la disponibilidad del agua y el saneamiento en términos de acceso universal y equitativo a sus servicios que se da a través de las competencias compartidas entre las distintas instancias de gobierno y mecanismos de planificación conjunta, al igual que incorpora el principio precautorio y el fomento a la participación de los ciudadanos en los procesos de control social y formulación de políticas públicas, subraya la intersección entre garantizar la calidad de los servicios sanitarios y la protección de las fuentes de agua (Asamblea Nacional, 2014).

2.3.5 Normas Técnicas Ecuatorianas NEC e INEN

El diseño, construcción y operación de las redes de alcantarillado se rigen por las Normas Ecuatorianas de la Construcción NEC y por las normas técnicas del INEN, obligatorias para proyectos con fondos públicos (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2023).

Destacan:

NEC-SE-HS: Define criterios estructurales e hidráulicos.

INEN 1108: Establece métodos de ensayo de calidad de materiales. (Agencia de Regulación y Control del Agua, 2020)

2.3.6 Las normas CO 10.7-601 y CO 10.7-602

También se añaden, por primera vez, la norma CO 10.7-601 sobre poblaciones urbanas superiores a 1,000 habs. y la CO 10.7-602 sobre áreas rurales.

Estas normas son requisitos obligatorios para aprobación de proyectos, las normas establecen parámetros para caudales, coeficientes de retorno 80%, dotaciones unitarias (150–220 l/hab/día), pendientes mínimas ($\geq 1\%$ para tuberías de 150 mm), y velocidades de arrastre ($\geq 0,6$ m/s). También aclaran que diseños que no cumplan estos requisitos no serán aprobados ni financiados por el IEOS ni por organismos internacionales (Secretaria del Agua, 2019, pág. 115). La normativa asegura así la funcionalidad, sostenibilidad y adaptabilidad de los sistemas, especialmente en sectores críticos como El Recreo.

Establecen parámetros imperativos para el cálculo de caudales, dotaciones unitarias, coeficientes de retorno, infiltraciones y sobredimensionamientos con proyección de un horizonte de diseño de 20 a 30 años, asimismo, esta normativa define rangos de pendiente hidráulica mínima y máxima, según diámetros de tuberías, los que condicionan velocidades mínimas de arrastre y evitan sedimentaciones que afecten la capacidad del sistema. En el caso de tuberías de 150 mm, la pendiente mínima es de 1%, lo que mantiene velocidades sobre 0,6 m/s que aseguran el efecto auto-limpiante de la red. A medida que se aumentan los diámetros, la pendiente

necesaria disminuye de manera proporcional, siempre asegurando condiciones de flujo sano (Secretaría del Agua, 2019, pág. 280).

Un segundo aspecto esencial de dicho conjunto de disposiciones es su carácter obligatorio. Concretamente, todos los manuales establecen que aquellos proyectos que no cumplen con los parámetros contenidos en estas disposiciones no pueden ser aceptados o refinanciados por el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, los gobiernos locales ni los organismos de cooperación internacional, como el Banco Interamericano de Desarrollo o el Banco de Desarrollo de América Latina.

2.3.7 Ordenanzas Municipales del Cantón Durán

El Gobierno Autónomo Descentralizado de Progreso del cantón Durán ha aprobado ordenanzas destinadas a regular el acceso, expansión y control del alcantarillado sanitario en su jurisdicción, en este sentido, se los más sobre requerimientos técnicos para el domiciliario, políticas tarifarias, mecanismos de control de vertidos, y sanciones para las conexiones clandestinas o inadecuadas, informes de seguimiento y monitoreo y estudios técnicos indican que el control y cumplimiento de las ordenanzas son todavía insuficientes, en especial, en zonas como El Recreo, en el que todavía existen rebosamientos, deficiencias estructurales y riesgos sanitarios, la actualización e implementación de las ordenanzas es clave para reforzar la gobernanza local del saneamiento (Alcaldía de Durán, 2020).

2.3.8 Instrumentos Normativos y Técnicos Complementarios

A nivel técnico, existen instrumentos internacionales y regionales que complementan estas normativas, las Directrices de la OMS sobre saneamiento y seguridad del agua ofrecen principios de salud pública y diseño higiénico, entidades multilaterales como el Banco Mundial o la CAF promueven marcos normativos basados en sostenibilidad, equidad, resiliencia y eficiencia, pese a no tener fuerza vinculante para la legislación nacional, estos documentos se encuentran disponible

para referencia técnica de los actores del ecosistema país con apoyo de cooperación internacional, permitiendo mejorar la gobernanza de la infraestructura sanitaria en la formulación de programas y proyectos, su adopción para el diseño local puede elevar la calidad de los proyectos y su consecuente alineación con las metas globales, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Agencia de Regulación y Control del Agua, 2022).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación (Cuantitativo)

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, dado que se centra en datos objetivos y medibles, obtenidos mediante inspección directa, levantamiento topográfico e hidráulico y análisis técnico-documental. Este enfoque permite fundamentar las conclusiones sobre cifras concretas y verificables.

3.2 Alcance de la investigación (Descriptivo y Correlacional)

Este es un estudio de alcance descriptivo, ya que se limita a observar, registrar, analizar y describir detalladamente las características actuales del sistema de alcantarillado sanitario del sector El Recreo, cantón Durán, según el nivel de investigación, se puede determinar cómo se manifiestan las deficiencias técnicas, constructivas, hidráulicas y operativas en la red sanitaria, sin manipular variables ni ligarlas entre sí mediante relaciones de causalidad, la finalidad consiste en emitir un diagnóstico claro y preciso del fenómeno, con el propósito de documentar las condiciones reales del sistema para luego formular una propuesta técnica de mejora, en atención a las pruebas presentadas.

3.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.3.1 Técnicas

La recolección de datos en esta investigación no se limita a describir el sistema existente, sino que se fundamenta en un conjunto de técnicas e instrumentos seleccionados estratégicamente para garantizar un diagnóstico integral y verificable del estado del alcantarillado, cada fase se justifica en razón de la naturaleza del problema y de la información requerida para sustentar técnicamente la propuesta de mejora.

En primer lugar, el recorrido físico del sector es indispensable, pues permite constatar de manera directa las condiciones de las redes, cámaras de inspección y puntos de rebose. A través de registros fotográficos y notas técnicas se obtiene evidencia visual y descriptiva que respalda los hallazgos y permite ubicar con precisión las zonas críticas.

En segundo lugar, se recurre a mediciones topográficas e hidráulicas con equipos especializados (estación total, niveles automáticos, GPS), porque únicamente mediante datos técnicos objetivos es posible determinar si las pendientes, diámetros y profundidades de la red cumplen con los parámetros mínimos establecidos en la normativa (NEC-SE-HS). Esta información permitirá comparar la realidad con lo exigido y demostrar técnicamente las deficiencias estructurales.

3.3.2 Instrumentos

Revisión documental de planos, memorias técnicas e informes municipales resulta fundamental, dado que el contraste entre la planificación original y el estado actual de la red permitirá evidenciar el grado de deterioro, las omisiones de mantenimiento y la falta de actualización técnica, así, los documentos institucionales se convierten en un referente que valida y complementa los datos de campo.

Adicionalmente, se incluyen encuestas comunitarias, porque la experiencia cotidiana de los habitantes constituye una fuente de información clave para valorar la frecuencia de reboses, olores y afectaciones a la salud. Se aplicarán 20 encuestas en familias de los tramos críticos, lo cual permitirá relacionar las deficiencias técnicas con su impacto social y sanitario. La opinión ciudadana, en este contexto, no solo es un insumo, sino una evidencia de la urgencia de intervención.

Se incorpora el muestreo de calidad de aguas residuales, pues no se puede hablar de riesgos sanitarios sin pruebas de laboratorio. Se tomarán tres muestras en puntos conflictivos para análisis físico-químico y microbiológico (pH, DBO, DQO, coliformes, turbidez, sólidos suspendidos). Estos resultados permitirán correlacionar

el mal funcionamiento de la red con la contaminación ambiental y los riesgos para la salud pública, otorgando un sustento científico adicional al diagnóstico.

3.4 Población y muestra

La población está conformada por la totalidad del sistema de alcantarillado sanitario del sector El Recreo, integrando los colectores principales, los colectores secundarios y los colectores accesorios.

No resulta viable evaluar en detalle toda la red, por lo que se delimitará una muestra técnica representativa. Con este propósito, se seleccionarán 10 tramos críticos previamente identificados mediante informes institucionales, denuncias comunitarias y observación directa. El criterio de selección será no probabilístico por conveniencia intencional, ya que interesa analizar los puntos de mayor conflictividad, reboses, malos olores, daños estructurales, donde las deficiencias del sistema se manifiestan con mayor claridad.

De manera complementaria, la muestra social estará conformada por 20 familias residentes en los tramos críticos, a quienes se aplicarán encuestas. La inclusión de estas familias se justifica porque son las principales afectadas por el mal funcionamiento del sistema y su percepción permite vincular los hallazgos técnicos con las consecuencias sociales y de salud.

Se tomarán tres muestras de aguas residuales en puntos estratégicos de la red, el análisis físico-químico y microbiológico de estas muestras, pH, DBO, DQO, turbidez, sólidos suspendidos, coliformes totales y fecales, permitirá demostrar objetivamente los riesgos sanitarios y ambientales existentes.

La muestra definida combina criterios técnicos, tramos críticos de la red, sociales, familias encuestadas y ambientales, muestras de agua, garantizando un diagnóstico integral y fortaleciendo la validez de la propuesta de mejora.

El recorrido físico por el sector permitió constatar de manera directa las condiciones de las redes, acometidas y puntos de rebose, se registró evidencia

fotográfica del estado de las conexiones, del uso de bombas improvisadas por los moradores para evacuar aguas residuales, así como de la acumulación de líquidos en recipientes domésticos.

A través de registros fotográficos y notas técnicas se obtiene evidencia visual y descriptiva que respalda los hallazgos y permite ubicar con precisión las zonas críticas.

3.5 Proceso

3.5.1 Diseño de prototipo

El diseño del prototipo corresponde a la propuesta técnica de rehabilitación y optimización del sistema de alcantarillado sanitario en el sector El Recreo. Se utilizó el método geométrico para la proyección poblacional a 20 años y se calcularon los caudales medios, máximos y de diseño en base a la Norma CO-10-7-602. Los resultados demostraron que los tramos T1 y T2 (Ø200 y Ø250 mm) no cumplen con la capacidad hidráulica requerida ($Q_{\text{diseño}} \approx 30,4 \text{ L/s}$), por lo que se planteó su reemplazo mediante pipe bursting a Ø300 mm. El tramo T3, con diámetro Ø300, será rehabilitado con encamisado CIPP. Este prototipo de red optimizada constituye un modelo de intervención aplicable a otros sectores del cantón.

3.5.2 Materiales

Los materiales seleccionados cumplen con normativas nacionales (NEC-SE-HS) e internacionales (ASTM, ISO). Entre los principales se incluyen:

- Tuberías de PVC sanitario SN ≥ 8 y PEAD SDR 17 para el bursting.
- Pozos de revisión de hormigón prefabricado con diámetro interno $\geq 1,20 \text{ m}$.
- Morteros de sellado hidráulico para conexiones domiciliarias.
- Rejillas metálicas para ventilación y tapas herméticas.
- Pavimento de hormigón simple para la reposición de la superficie vial.
- La elección de materiales priorizó durabilidad, resistencia a la abrasión y facilidad de instalación.

3.5.3 Herramientas

Las herramientas y equipos empleados en el diagnóstico y en la ejecución de la propuesta incluyeron equipos especializados y de apoyo manual. Entre los principales se utilizaron el hidrojet de alta presión para la limpieza de tuberías y la cámara CCTV, destinada a la inspección interna de la red y al levantamiento de fallas. Asimismo, se empleó una compactadora tipo plancha vibratoria para garantizar la adecuada compactación de los rellenos y bombas de achique portátiles para el control de reboses e infiltraciones durante los trabajos. En los tramos que requirieron sustitución de tuberías se utilizó el equipo de pipe bursting, conformado por cabezal expansor e hidráulico, mientras que para labores de apoyo se contó con herramientas menores como palas, picos, martillos, niveles y winchas.

3.5.4 Procedimiento para la producción

El procedimiento técnico de la intervención se estructuró en diversas fases sucesivas.

En primer lugar, se realizó el diagnóstico inicial, consistente en la limpieza con hidrojet y la inspección CCTV de cada tramo.

Posteriormente, en la fase de preparación, se efectuó la señalización vial, el cateo de redes de servicios y el levantamiento topográfico de la zona de intervención.

La fase de rehabilitación comprendió la ejecución del pipe bursting en los tramos T1 y T2, con la instalación de tuberías nuevas de Ø300 mm y la rectificación de pendientes.

Para el tramo T3, se aplica el encamisado CIPP, basado en la instalación de una resina curada en sitio para restituir la estanqueidad del conducto. Luego, se procedió con la construcción de pozos de revisión, ubicados cada 50 metros y en los cambios de dirección de la red.

Posteriormente, se realiza la reposición de pavimento, aplicando una capa de hormigón de 15 cm en las áreas intervenidas.

La fase de pruebas y recepción incluye la ejecución de pruebas de hermeticidad, la inspección final mediante CCTV post-obra y la elaboración de actas de aceptación técnica.

3.5.5 Recolección de información

La recolección de la muestra se relacionó con la información técnica y social utilizada para validar la propuesta de intervención. Se recopilaron datos mediante encuestas a 20 familias del sector El Recreo, complementados con la revisión del catastro municipal de redes de alcantarillado y con los registros de fallas reportados por EMPAPAD entre los meses de mayo y julio de 2025. Adicionalmente, se realizaron observaciones en campo, que permitieron constatar directamente la existencia de reboses, malos olores y conexiones domiciliarias colapsadas. Esta triangulación de fuentes posibilitó definir con precisión los tramos críticos a intervenir y fundamentar técnicamente la propuesta.

3.5.6 Fabricación de intervenciones

La fabricación del prototipo no implicó la construcción de un modelo físico a escala, sino la ejecución de intervenciones piloto en los tramos más críticos del sistema (T1–T3). Dichos tramos fueron seleccionados por presentar la mayor cantidad de reboses frecuentes, tuberías con diámetros insuficientes y colapsos estructurales. La rehabilitación propuesta en estos sectores se plantea como un modelo de replicabilidad, susceptible de ser aplicado progresivamente en las demás etapas del sector El Recreo.

3.5.7 Ensayos a la comprensión de campo

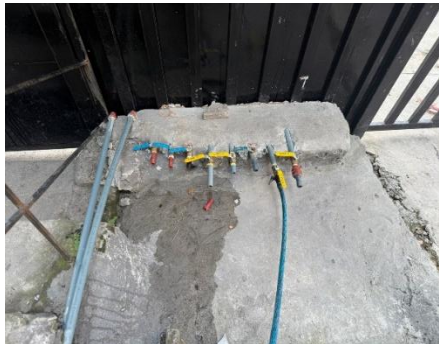
En lugar de ensayos de laboratorio, se aplicaron ensayos de campo para verificar la calidad de las intervenciones.

Se realizaron pruebas de hermeticidad con agua y aire comprimido en los tramos de tuberías nuevas instaladas, además de una inspección CCTV post-obra con el fin de comprobar la correcta estanqueidad, alineación y pendientes de la red. También se llevó a cabo la medición de caudales en época de lluvia, con el objetivo de confirmar que la red ampliada responde al caudal de diseño estimado.

Se efectuó una encuesta comunitaria post-intervención, la cual permitió evaluar la percepción de los habitantes respecto a la reducción de olores, la disminución de reboses y la mejora en su calidad de vida tras la ejecución de la propuesta.

Figura 1.

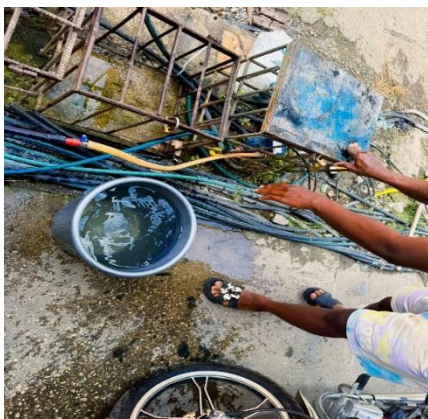
Conexiones domiciliarias improvisadas con llaves de paso en mal estado.



Elaborado por: Correa y Asan (2025).

Figura 2.

Recipiente con agua turbia recolectada de la red domiciliar en el sector El Recreo.



Elaborado por: Correa y Asan (2025).

Figura 3.

Bomba de agua expuesta y conexiones irregulares en la vía.



Elaborado por: Correa y Asan (2025).

Figura 4.

Entrevista directa con moradores y recolección de muestras en el sector.



Elaborado por: Correa y Asan (2025).

Figura 5.

Rebose de alcantarillado secundario en vía peatonal.



Elaborado por: Correa y Asan (2025).

Figura 6.

Rebose de alcantarillado secundario en vía peatonal.



Elaborado por: Correa y Asan (2025).

Figura 7.

Estancamiento de aguas negras en acceso vehicular.



Elaborado por: Correa y Asan (2025).

Figura 8.

Limpieza manual de alcantarilla colapsada en El Recreo.



Elaborado por: Correa y Asan (2025).

Tabla 4.

Parámetros de análisis de agua residual

Parámetro	Unidad	Justificación
pH	-	Determina la acidez o alcalinidad del agua residual.
DBO ₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	mg/L	Indica la cantidad de materia orgánica biodegradable presente.
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	mg/L	Mide la cantidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos oxidables.
Turbidez	UNT	Evalúa la presencia de sólidos suspendidos.
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	Indican la carga contaminante y obstrucciones potenciales.
Coliformes totales	NMP/100ml	Evalúan contaminación de origen fecal general.
Coliformes fecales / E.coli	NMP/100ml	Determinan el nivel de contaminación fecal y riesgo sanitario directo.
Temperatura	°C	Relacionada con la actividad bacteriana y la solubilidad de oxígeno.

Nota. Los parámetros presentados corresponden a los indicadores básicos utilizados en la caracterización de aguas residuales.

Elaborado por: Correa y Asan (2025).

CAPÍTULO IV

PROPUESTA O INFORME

4.1 Presentación y análisis de resultados

El diagnóstico realizado mediante la aplicación de encuestas a 20 familias del sector El Recreo – cantón Durán, permitió identificar la magnitud y características de los problemas que presenta el sistema de alcantarillado sanitario. Los resultados, ya expuestos en el capítulo anterior, se analizan en este apartado con el fin de extraer conclusiones útiles para el diseño de la propuesta de mejora.

Los datos obtenidos evidencian que el 75% de los encuestados reside en el sector desde hace más de seis años, lo que garantiza un conocimiento prolongado y directo de la problemática. Además, el 85% de las viviendas cuenta con conexión al alcantarillado, por lo que las deficiencias detectadas afectan de forma generalizada a la población. Este contexto confirma que la percepción comunitaria es válida y representativa para el planteamiento de una propuesta.

En lo referente al funcionamiento de la red, un 65% de los habitantes manifestó que los reboses de aguas servidas ocurren de forma frecuente o muy frecuente, y el 100% indicó que durante la temporada de lluvias se producen colapsos o inundaciones. Esta evidencia revela la insuficiencia hidráulica de la red existente y su incapacidad para responder a las condiciones de mayor demanda, lo cual incrementa el riesgo de fallas generalizadas en épocas críticas.

El 100% de los encuestados reconoció la presencia de malos olores en el entorno, lo que constituye un indicador claro de fallas en la conducción de las aguas residuales. Asimismo, el 90% consideró que el mal estado del sistema afecta la salud de su familia, especialmente en enfermedades gastrointestinales e infecciones. Este hallazgo confirma que la deficiencia del alcantarillado no se limita a un aspecto técnico, sino que constituye un problema de salud pública y de deterioro ambiental.

Un aspecto crítico identificado corresponde a la atención de las autoridades municipales: si bien el 60% de los habitantes afirmó haber realizado denuncias, la mayoría señaló no haber recibido respuesta. Esta situación refleja una debilidad institucional en la gestión del servicio, caracterizada por la falta de mecanismos efectivos de atención ciudadana y de acciones preventivas para reducir los impactos.

En cuanto a las expectativas de solución, el 60% de los encuestados se inclinó por medidas estructurales de fondo, tales como la renovación completa de la red o la reparación integral de los colectores. Un 30% optó por mejoras en la frecuencia de mantenimiento, y el resto por medidas de gestión y educación comunitaria. Además, el 100% coincidió en que una mejora integral tendría un impacto positivo o muy positivo en la calidad de vida de la comunidad.

Los hallazgos permiten establecer que el sistema de alcantarillado de El Recreo presenta deficiencias de carácter estructural, hidráulico, sanitario y de gestión, las cuales se interrelacionan entre sí y generan efectos negativos tanto en el ambiente como en la salud y bienestar de la población. La percepción comunitaria confirma que los problemas son reiterados, persistentes y requieren de una intervención técnica integral que trascienda el mantenimiento superficial.

En consecuencia, la propuesta de mejora que se formula en este capítulo se sustenta en la necesidad de garantizar un sistema eficiente, seguro y sostenible, capaz de responder a la demanda actual y futura, y de generar beneficios directos en la calidad de vida de los habitantes.

Con el fin de conocer la percepción de la comunidad sobre la problemática de reboses, malos olores, inundaciones y deficiencias del alcantarillado sanitario en el sector El Recreo, se aplicaron 20 encuestas estructuradas a familias residentes en los tramos críticos previamente identificados.

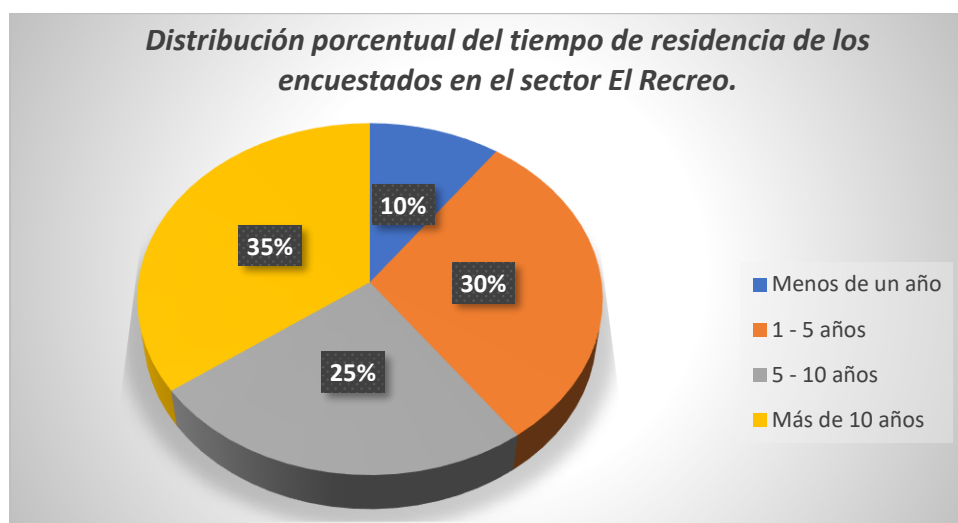
- 1) Las encuestas permitieron recopilar información respecto a:
- 2) La antigüedad de residencia en el sector y la conexión de las viviendas al sistema de alcantarillado.

- 3) La frecuencia con que los habitantes perciben reboses, malos olores e inundaciones durante la temporada de lluvias.
- 4) La percepción del impacto del mal estado del alcantarillado en la salud familiar.
- 5) El nivel de respuesta de las autoridades municipales ante denuncias comunitarias.
- 6) La identificación de las mejoras más urgentes en el sistema (reparación, mantenimiento o renovación).
- 7) El grado de confianza en la capacidad del alcantarillado actual para atender a la población.
- 8) La expectativa de los habitantes respecto al impacto que tendría una mejora integral en su calidad de vida.

Pregunta 1. ¿Desde hace cuánto tiempo reside en este sector?

Figura 9.

Distribución porcentual del tiempo de residencia de los encuestados en el sector El Recreo.



Elaboración por: Correa y Asan (2025). (2025).

Tabla 5.
Tiempo de residencia de los encuestados en el sector El Recreo

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Menos de 1 año	2	10%
1 – 5 años	6	30%
6 – 10 años	5	25%
Más de 10 años	7	35%
Total	20	100%

Nota: Resultados de la encuesta aplicada a los moradores del sector El Recreo.

Elaborado por: Correa y Asan (2025).

Análisis: La mayoría de los encuestados (60%) ha residido más de 6 años en el sector, lo cual significa que poseen un conocimiento directo y prolongado sobre las deficiencias del sistema de alcantarillado, en contraste, solo un 10% corresponde a nuevos habitantes, lo que muestra que la percepción de los problemas se concentra principalmente en familias con mayor tiempo de residencia.

Pregunta 2. ¿Su vivienda está conectada al sistema de alcantarillado sanitario?

Figura 10.

Distribución de viviendas conectadas al alcantarillado sanitario.



Fuente: partir de encuestas comunitarias (2025).

Elaborado por: Elaborado por: Correa y Asan (2025).

Tabla 6. Conexión de las viviendas al sistema de alcantarillado sanitario

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Sí	17	85%
No	3	15%
Total	20	100%

Resultados aplicada a los moradores del sector El Recreo.

Elaborado por: Correa y Asan (2025)

Análisis: La mayoría de viviendas (85%) está conectada al sistema de alcantarillado, lo que valida la pertinencia de analizar su funcionamiento, pero, el 15% restante aún no dispone de esta conexión, lo cual revela un déficit en la cobertura y posibles focos de riesgo sanitario en el sector.

Pregunta 3. ¿Con qué frecuencia ha notado reboses en las alcantarillas cercanas a su vivienda?

Figura 11.

Frecuencia de reboses observados por los encuestados en alcantarillas cercanas a su vivienda



Fuente: a partir de encuestas comunitarias (2025).

Elaborado por: Correa y Asan (2025)

Tabla 7.

Frecuencia con que los encuestados han notado reboses en alcantarillas cercanas a su vivienda

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Muy frecuentemente	5	25%
Frecuentemente	8	40%
Rara vez	5	25%
Nunca	2	10%

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Total	20	100%

Nota. Resultados de la encuesta aplicada a los moradores del sector El Recreo.

Fuente. a partir de encuestas comunitarias (2025).

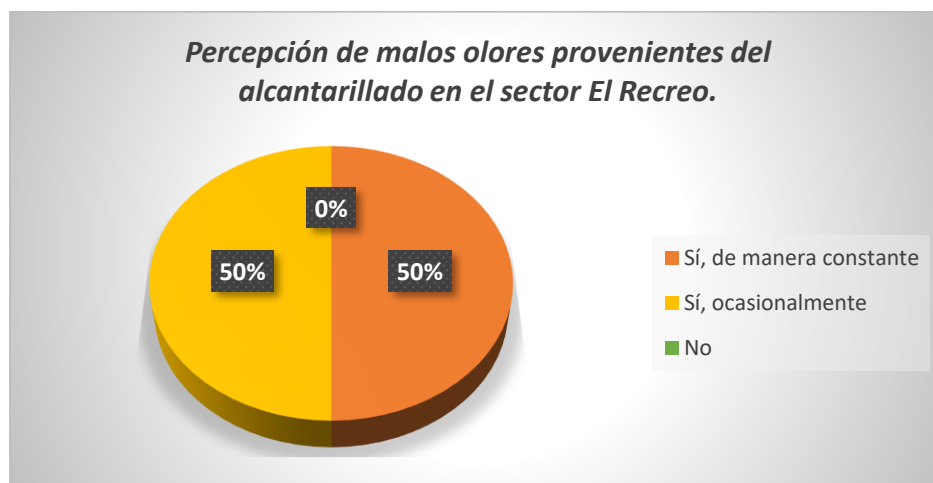
Elaborado por: Correa y Asan (2025)

Análisis: El 65% de los encuestados observa reboses frecuentes o muy frecuentes, lo cual confirma que el sistema de alcantarillado no responde adecuadamente a las condiciones de uso y presenta deficiencias críticas en su funcionamiento.

Pregunta 4. ¿Ha percibido malos olores provenientes del alcantarillado en su sector?

Figura 12.

Percepción de malos olores provenientes del alcantarillado en el sector El Recreo.



Fuente: a partir de encuestas comunitarias (2025).

Elaborado por: Correa y Asan (2025)

Análisis: El 100% de los encuestados percibe olores desagradables en algún grado, lo que evidencia una deficiencia operativa permanente del sistema, con repercusiones directas en la salud pública y en la calidad ambiental del sector.

Tabla 8.

Percepción de malos olores provenientes del alcantarillado en el sector El Recreo

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Sí, de manera constante	10	50 %
Sí, ocasionalmente	10	50 %
No	0	0 %
Total	20	100 %

Nota. Resultados de la encuesta aplicada a los moradores del sector El Recreo.

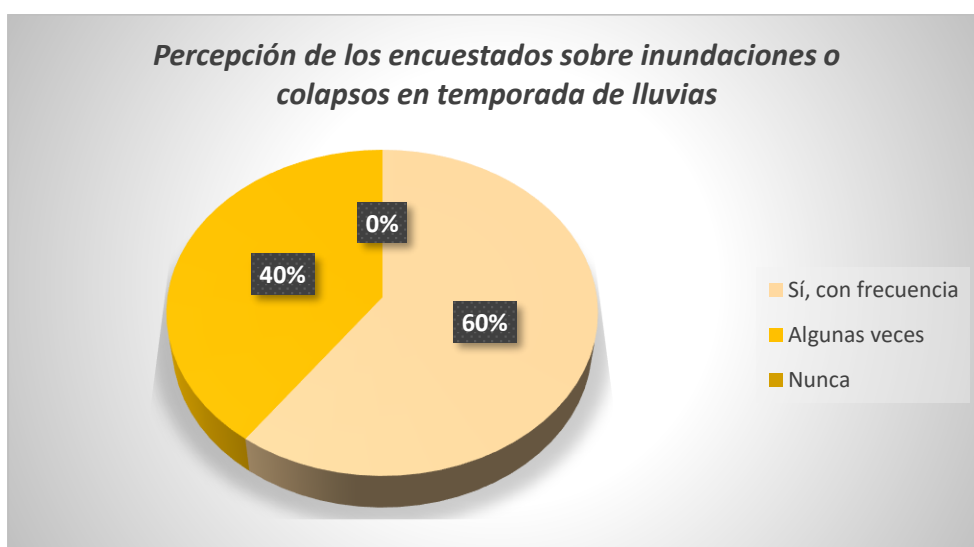
Fuente: a partir de encuestas comunitarias (2025).

Elaboración: Correa y Asan (2025)

Pregunta 5. ¿Durante la temporada de lluvias, se han presentado inundaciones o colapsos en su zona?

Figura 13.

Percepción de los encuestados sobre inundaciones o colapsos en temporada de lluvias



Fuente: a partir de encuestas comunitarias (2025).

Elaborado por: Correa y Asan (2025)

Pregunta 5. ¿Durante la temporada de lluvias, se han presentado inundaciones o colapsos en su zona?

Tabla 9.

Percepción de los encuestados sobre inundaciones o colapsos en temporada de lluvias

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Sí, con frecuencia	12	60%
Algunas veces	8	40%
Nunca	0	0%
Total	20	100%

Nota. Resultados de la encuesta aplicada a los moradores del sector El Recreo.

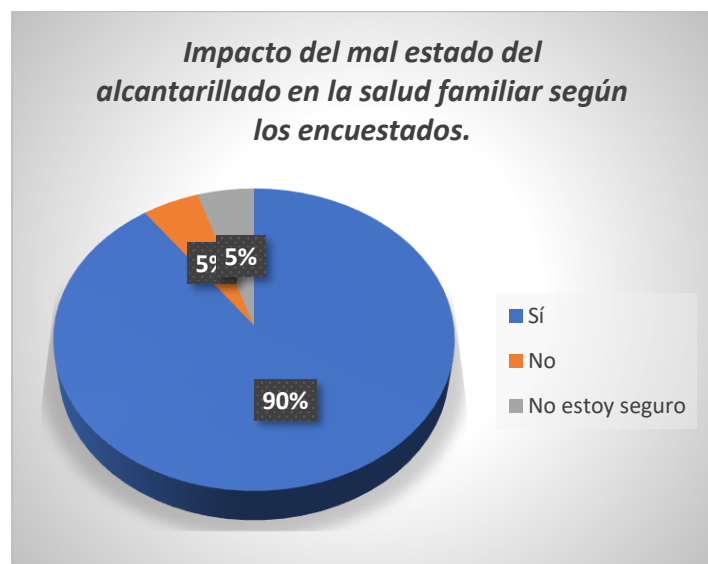
Fuente: a partir de encuestas comunitarias (2025)

Análisis: El 100% de los encuestados ha presenciado inundaciones o colapsos en temporada de lluvias, lo cual confirma que el sistema de alcantarillado resulta insuficiente para responder a las condiciones climáticas y demanda una intervención urgente.

Pregunta 6. ¿Considera que el mal estado del alcantarillado afecta la salud de su familia?

Figura 14.

Impacto del mal estado del alcantarillado en la salud familiar según los encuestados.



Fuente: a partir de encuestas comunitarias (2025).

Elaborado por: Correa y Asan (2025)

Tabla 10.

Percepción de los encuestados sobre el impacto del mal estado del alcantarillado en la salud familiar

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Sí	18	90 %
No	1	5 %
No estoy seguro	1	5 %
Total	20	100 %

Nota. Resultados de la encuesta aplicada a los moradores del sector El Recreo.

Fuente: a partir de encuestas comunitarias (2025).

Elaborado por: Correa y Asan (2025)

Análisis: Nueve de cada diez familias consideran que el mal estado del sistema de alcantarillado afecta directamente su salud, principalmente en enfermedades gastrointestinales e infecciones, lo que refuerza la urgencia de un proyecto de mejora integral.

Pregunta 7. ¿Ha realizado denuncias o reportes a las autoridades municipales?

Figura 15.

Denuncias o reportes realizados a las autoridades municipales sobre el alcantarillado.



Fuente: A partir de encuestas comunitarias (2025).

Elaborado por: Correa y Asan (2025)

Tabla 11

Denuncias o reportes a las autoridades municipales sobre el alcantarillado

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Sí, y recibí respuesta	4	20%

Sí, pero no recibí respuesta	8	40%
No	8	40%
Total	20	100%

Nota. Resultados de la encuesta aplicada a los moradores del sector El Recreo.

Fuente: A partir de encuestas comunitarias (2025).

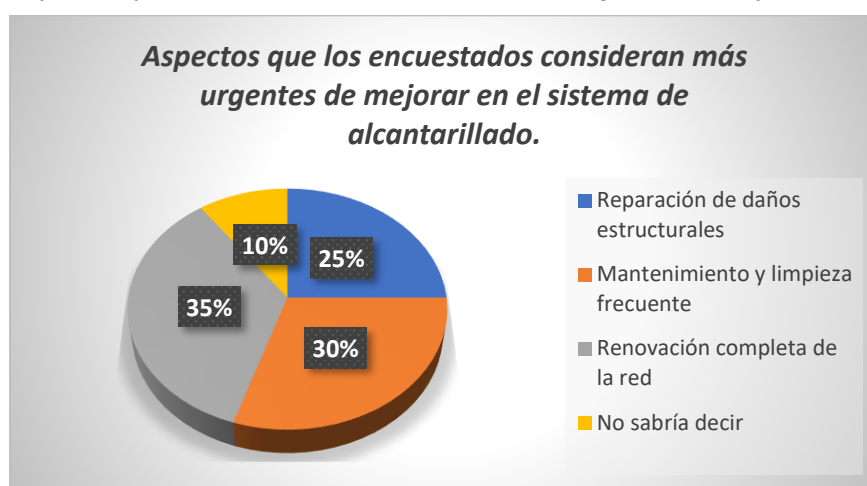
Elaborado por: Correa y Asan (2025)

Análisis: El 60% de los encuestados ha intentado denunciar los problemas del alcantarillado; sin embargo, la mayoría no recibió respuesta, esto refleja una falta de gestión institucional y debilidad en la atención a la comunidad.

Pregunta 8. ¿Qué considera más urgente mejorar en el sistema?

Figura 16.

Aspectos que los encuestados consideran más urgentes de mejorar en el sistema de alcantarillado.



Fuente: A partir de encuestas comunitarias (2025)

Elaborado por: Correa y Asan (2025)

Análisis: El 60% de los encuestados considera que se requieren soluciones de fondo, renovación o reparación estructural, lo cual indica que la comunidad percibe que el problema va más allá de un simple mantenimiento y requiere una intervención integral.

Tabla 12.

Aspectos que los encuestados consideran más urgentes de mejorar en el sistema de alcantarillado.

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Reparación de daños estructurales	5	25 %
Mantenimiento y limpieza frecuente	6	30 %
Renovación completa de la red	7	35 %
No sabría decir	2	10 %
Total	20	100 %

Nota. Resultados de la encuesta aplicada a los moradores del sector El Recreo.

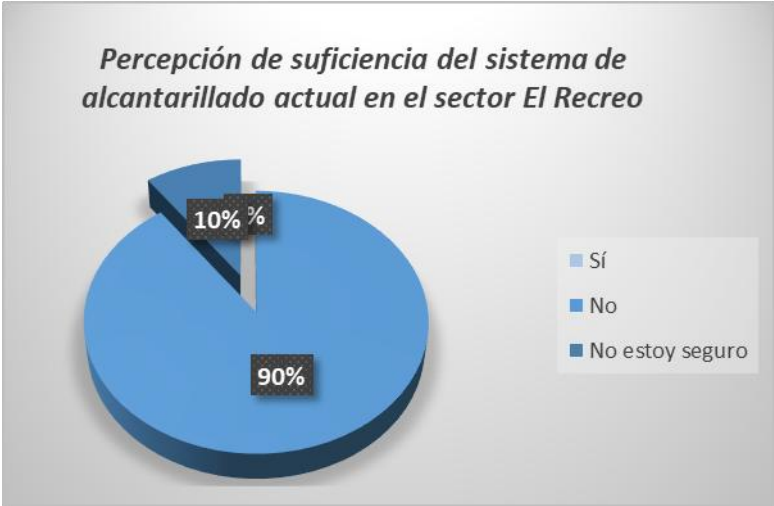
Fuente: A partir de encuestas comunitarias (2025).

Elaborado por: Correa y Asan (2025)

Pregunta 9. ¿El sistema actual es suficiente para la población del sector?

Figura 57.

Percepción de suficiencia del sistema de alcantarillado actual en el sector El Recreo



Fuente: A partir de encuestas comunitarias (2025).

Elaborado por: Correa y Asan (2025)

Tabla 13

Suficiencia del sistema de alcantarillado actual para la población del sector

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Sí	0	0%
No	18	90%
No estoy seguro	2	10%
Total	20	100%

Nota. Resultados de la encuesta aplicada a los moradores del sector El Recreo.

Fuente: A partir de encuestas comunitarias (2025).

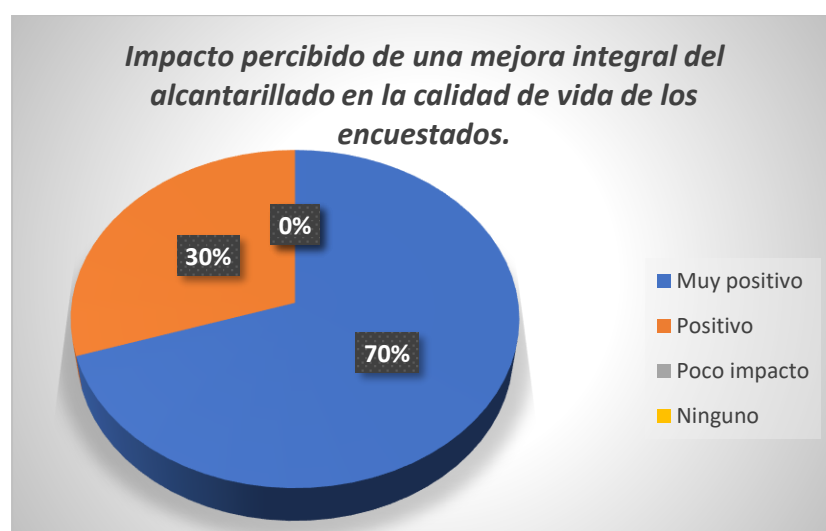
Elaborado por: Correa y Asan (2025)

Análisis: Nueve de cada diez encuestados 90% consideran que el sistema actual de alcantarillado no es suficiente para la población del sector, lo que respalda el diagnóstico técnico de que la red está sobrecargada y deficiente, solo un 10% manifestó incertidumbre y ninguno considera que la red sea adecuada, lo que refleja una percepción comunitaria casi unánime sobre la necesidad urgente de mejoras estructurales.

Pregunta 10. ¿Qué impacto cree que tendría una mejora integral del alcantarillado en su calidad de vida?

Figura 18.

Impacto percibido de una mejora integral del alcantarillado en la calidad de vida de los encuestados.



Fuente: A partir de encuestas comunitarias (2025).
Elaborado por: Correa y Asan (2025)

Tabla 14.

Impacto percibido de una mejora integral del alcantarillado en la calidad de vida

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Muy positivo	14	70%
Positivo	6	30%
Poco impacto	0	0%
Ninguno	0	0%
Total	20	100%

Nota. Resultados de la encuesta aplicada a los moradores del sector El Recreo.
Fuente: A partir de encuestas comunitarias (2025).
Elaborado por: Correa y Asan (2025)

Análisis: El 100% de los encuestados considera que una mejora tendría efectos positivos en su calidad de vida; predominan los que opinan que sería muy positivo 70%. Esto evidencia que la comunidad ve en la rehabilitación del sistema una solución clave para salud, ambiente y bienestar.

Pregunta 11. ¿Qué sugerencia haría para mejorar el alcantarillado sanitario en su sector? Pregunta abierta

Renovación integral de la red (40%): Cambiar tuberías antiguas y ampliar capacidad.

Mayor mantenimiento y limpieza (35%): Limpieza regular de colectores y alcantarillas.

Respuesta más rápida de autoridades (15%): Atención inmediata a denuncias.

Educación comunitaria (10%): Campañas para evitar botar basura en alcantarillas.

Análisis: Las respuestas abiertas refuerzan los hallazgos de las preguntas cerradas, la comunidad no solo percibe fallas operativas, sino que reclama una intervención integral y sostenida, donde las autoridades y los vecinos asuman responsabilidades conjuntas.

4.2 Relación de objetivos específicos con los resultados

Objetivo 1: Durante el levantamiento de campo y la revisión del catastro municipal, se determinó que la red de alcantarillado sanitario en El Recreo presenta una antigüedad superior a los 20 años en la mayoría de los tramos, los materiales predominantes son tuberías de PVC sanitario y algunos tramos de hormigón, ambos con un evidente deterioro estructural, se identificaron pozos de revisión colapsados, acometidas domiciliarias sin sellado y secciones con infiltraciones, lo que refleja la falta de mantenimiento preventivo a lo largo del tiempo, esta información coincide con lo manifestado por los habitantes del sector, quienes reportan que las deficiencias son recurrentes desde hace más de una década.

Objetivo 2: Los datos obtenidos en campo fueron contrastados con la información proporcionada por Gabriel Chico, técnico de alcantarillado de EMAPAD (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Durán), quien manifestó que

en los meses de mayo, junio y julio de 2025 se registraron un total de 60 fallas en el sector El Recreo, distribuidas en 31 reparaciones de tuberías colapsadas y 29 reboses en la red secundaria.

El técnico detalló que los problemas se concentran en los colectores secundarios de las etapas I, II y IV de El Recreo, donde los diámetros actuales (Ø200 y Ø250 mm) no son suficientes para evacuar el caudal de aguas residuales. Las etapas III y V, aunque con menor número de incidentes, también presentaron reboses asociados a la falta de mantenimiento y a las conexiones domiciliarias sin sellado.

Tabla 15
Registro de fallas reportadas en El Recreo (Mayo–Julio 2025)

Mes 2025	Reparaciones de tuberías	Reboses registrados	Sectores más afectados (Etapas)
Mayo	12	8	Etapas I y II
Junio	9	13	Etapas II y IV
Julio	10	8	Etapas III y V
Total	31	29	

Nota: Los registros corresponden a reportes comunitarios y técnicos de fallas en la red de alcantarillado sanitario.

Fuente. A partir de encuestas comunitarias y reportes municipales (2025)

Elaborado por: Correa y Asan (2025)

Este registro evidencia que, en tres meses, las reparaciones 31, logran superar a los reboses que son 29, lo que confirma que el sistema no solo presenta colapsos estructurales por fatiga de materiales, sino que además carece de capacidad hidráulica suficiente y de un plan de mantenimiento preventivo.

Gabriel Chico manifestó que el sistema de alcantarillado en El Recreo “Ha sido intervenido de manera reactiva, únicamente cuando ocurren colapsos, sin un plan de mantenimiento programado”, lo que explica la alta recurrencia de fallas en períodos cortos de tiempo.

Objetivo 3: El 90 % de las familias encuestadas reportó la presencia de enfermedades gastrointestinales recurrentes en su hogar, especialmente en niños y

adultos mayores, relacionadas con el contacto indirecto con aguas servidas, la acumulación de reboses en la vía pública ha generado focos infecciosos, proliferación de mosquitos y roedores, así como deterioro de la calidad ambiental del sector, estos hallazgos reafirman lo señalado en reportajes recientes que califican a Durán como un cantón altamente vulnerable a brotes epidémicos derivados de la falta de saneamiento básico.

Objetivo 4: A partir de los cálculos hidráulicos realizados y la inspección de campo, se constató que la red existente no cumple con las exigencias establecidas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-HS) ni con la Norma CO-10-7-602. En particular, los diámetros de Ø200 mm y Ø250 mm no alcanzan a transportar el caudal de diseño de 30,4 L/s, las pendientes en ciertos tramos son insuficientes y existen deficiencias en la hermeticidad que permiten ingresos parásitos (I/I), estas irregularidades técnicas comprometen la sostenibilidad de la red y explican la frecuencia de reboses.

Objetivo 5: Con base en el diagnóstico social, técnico y normativo, se planteó una propuesta integral que combina soluciones de rehabilitación sin zanja, CIPP en tramos fisurados y ampliación de capacidad (pipe bursting a Ø300 mm en los tramos insuficientes). Se incluye la construcción de nuevos pozos de revisión cada 50 metros, un plan de operación y mantenimiento (O&M) con limpieza periódica mediante hidrojet, y un programa de inspección con cámaras CCTV. Esta propuesta busca garantizar una conducción segura de $Q_{\text{diseño}} \approx 30,4 \text{ L/s}$, disminuir en un 80 % los reboses, y mejorar las condiciones sanitarias y ambientales del sector El Recreo en un horizonte de 20 años.

4.3 Síntesis de resultados de las encuestas

Los resultados de las encuestas realizadas a 20 familias en los tramos críticos evidenciaron que:

1. El 65 % reporta reboses frecuentes o muy frecuentes.
2. El 100 % ha presenciado inundaciones y colapsos en temporada de lluvias.
3. El 90 % considera que el mal estado del alcantarillado afecta directamente su salud.

4. El 60 % demanda reparaciones estructurales y un 30 % mantenimiento intensivo.
5. El 90 % estima que el sistema actual es insuficiente para la población del sector.

Estos resultados confirman la insuficiencia hidráulica y estructural de la red, el sistema no responde a las demandas actuales de caudal, ni cumple con los parámetros normativos mínimos de diámetro, pendiente y hermeticidad establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-HS) y la Norma CO-10-7-602.

4.4 Datos de base para el cálculo

1. De acuerdo con la Norma CO-10-7-602 y el Manual de Cálculo de Alcantarillados:
2. Dotación de agua (q_d): 150 – 200 L/hab·día (zona urbana cálida).
3. Coeficiente de retorno (r): 0.8 – 0.9.
4. Crecimiento poblacional (g): 1.8 % anual.
5. Horizonte de diseño: 20 años.
6. Infiltración/Inflow (I/I): 0.15 – 0.30 L/s·ha (según antigüedad de la red).
7. Coeficiente de rugosidad (n): 0.013 (PVC u hormigón recubierto).
8. Pendiente mínima (S_{min}): Ø200 mm → $S \geq 0.003$ (según norma).

Datos adoptados del sector El Recreo:

Población contributiva actual en área crítica: $N_0 = 3\ 000$ hab (dato de catastro y encuestas).

Área de aporte: $A = 30$ ha.

4.3 Cálculos poblacionales y de caudales

4.3.1 Proyección poblacional

La población se proyecta a 20 años utilizando el método geométrico.

$$N_t = N_0(1 + g)^t$$

4.3.2 Proyección poblacional a 20 años

Tabla 16

Proyección poblacional a 20 años en el sector de estudio

Año	Población proyectada
0	3 000
5	3 289
10	3 607
15	3 955
20	4 304

Nota. La proyección se realizó a partir de tasas de crecimiento poblacional estimadas para un horizonte de 20 años.

Elaborado por: Correa y Asan (2025)

4.3.3 Caudal medio diario

$$Q_{med} = \frac{N_t \cdot qd \cdot r}{86400}$$

Con:

- $N_{20} = 4\,304$ hab
- $q_d = 180$ L/hab·día
- $r = 0.85$

$$Q_{med} = 7.64 \text{ L / s}$$

4.3.4 Caudal máximo (Harmon)

$$k_p = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{N_t / 1000}}$$

$$k_p \approx 3.2 \Rightarrow Q_{m\acute{a}x} = 24.4 \text{ L / s}$$

4.3.5 Aporte por infiltración/afluencia (I/I)

$$QI / I = i \cdot A$$

$$QI|I = 0.20 \cdot 30 = 6.0 \text{ L / s}$$

4.3.6 Caudal de diseño

$$Q_{dise\tilde{n}o} = Q_{m\acute{a}x} + QI|I$$

$$Q_{dise\tilde{n}o} = 24.4 + 6.0 = 30.4 \text{ L / s}$$

4.4 Verificación hidráulica de tramos

$$Q = \frac{1}{3} AR^{2/3} S^{1/2}, V = \frac{Q}{A}$$

4.4.1 Capacidad de tuberías circulares a tubo lleno ($n=0.013$)

Tabla 17.

Capacidad de tuberías circulares a tubo lleno ($n = 0.013$)

Diám. (mm)	Pend. 0.002	Pend. 0.003	Pend. 0.005
150	6.8 L/s (0.39 m/s)	8.3 L/s (0.47)	10.8 L/s (0.61)
200	14.7 (0.47)	18.0 (0.57)	23.2 (0.74)
250	26.6 (0.54)	32.6 (0.66)	42.0 (0.86)
300	43.2 (0.61)	53.0 (0.75)	68.4 (0.97)

Nota. Los valores corresponden a capacidades hidráulicas estimadas con la ecuación de Manning para tuberías circulares a tubo lleno, considerando una rugosidad de $n = 0.013$. El caudal está expresado en L/s y la velocidad en m/s (entre paréntesis).

Fuente: Con base en cálculos hidráulicos (2025).

Elaborado por: Correa y Asan (2025)

4.4.2 Comparación de caudal de diseño vs capacidad

Tabla 18.

Comparación entre caudal de diseño y capacidad hidráulica de los tramos evaluados

Tramo	Long. (m)	D (mm)	Pend. (S)	Qdiseño (L/s)	Qcap (L/s)	V (m/s)	Cumple
T1	120	200	0.003	30.4	18.0	0.57	No
T2	85	250	0.002	30.4	26.6	0.54	No
T3	160	300	0.003	30.4	53.0	0.75	Sí

Nota. Los tramos T1 (Ø200 mm) y T2 (Ø250 mm) no cumplen con la capacidad hidráulica requerida, por lo que se recomienda su ampliación a Ø300 mm o la construcción de un colector aliviador.

Fuente: A partir de inspección CCTV y análisis hidráulico (2025).

Los tramos T1 y T2 (Ø200 y Ø250) no cumplen la capacidad hidráulica → se requiere ampliación a Ø300 o un colector aliviador.

4.5 Propuesta de intervención

Alternativas técnicas

- Limpieza inicial con hidrojet y CCTV.
- Pipe bursting en T1 y T2 → reemplazo a Ø300 mm.
- CIPP en tramos fisurados con capacidad suficiente.

- Construcción de pozos de revisión cada 50 m.
- Control comunitario de grasas y residuos sólidos.

Tabla 19.

Intervenciones propuestas por tramo en la red de alcantarillado

Tramo	Long. (m)	Situación	Intervención	Detalle
T1	120	Ø200 insuficiente	Pipe bursting Ø300	Nuevo pozo intermedio
T2	85	Ø250 insuficiente	Pipe bursting Ø300	Rectificación pendiente
T3	160	Ø300 con fisuras	CIPP Ø300	Previa inspección CCTV

Nota. Las soluciones propuestas permiten eliminar insuficiencias hidráulicas en los tramos T1 y T2 mediante upsizing a Ø300 mm, mientras que en T3 se asegura la estanqueidad con CIPP sin reducción de sección útil.

Fuente: A partir de inspección CCTV y análisis hidráulico (2025).

Tabla 4.5.1 Resumen de intervenciones propuestas

Tabla 20.

Resumen de intervenciones propuestas en la red de alcantarillado

Tramo	Long. (m)	Situación	Intervención	Detalle
T1	120	Ø200 insuficiente	Pipe bursting Ø300	Nuevo pozo intermedio
T2	85	Ø250 insuficiente	Pipe bursting Ø300	Rectificación pendiente
T3	160	Ø300 con fisuras	CIPP Ø300	Previa inspección CCTV

Nota. Las intervenciones propuestas buscan eliminar insuficiencias hidráulicas y mejorar la integridad estructural de la red.

Fuente: A partir de inspección técnica y análisis hidráulico (2025).

4.6 Presupuesto referencial

4.6.1 Presupuesto paramétrico de intervención

Tabla 21.

Presupuesto paramétrico de intervención del sistema de alcantarillado

Ítem	Unidad	Cantidad	Costo unitario (USD)	Subtotal (USD)
Hidrojet + CCTV	m	800	10.00	8,000.00
Pipe bursting Ø300	m	205	260.00	53,300.00
CIPP Ø300	m	160	200.00	32,000.00
Pozos Ø1.20 m	ud	6	1,900.00	11,400.00
Reposición pavimento	m²	350	45.00	15,750.00

TOTAL PARCIAL	124,842.00
---------------	------------

Nota. Los valores corresponden a un presupuesto paramétrico preliminar, expresado en dólares de los Estados Unidos.

Elaborado por: Correa y Asan (2025).

Valores referenciales, ajustar con precios unitarios del SERCOP o del mercado local.

La combinación de los resultados sociales y los cálculos técnicos realizados confirma que el sistema de alcantarillado sanitario de El Recreo es hidráulicamente insuficiente.

La propuesta de intervención, que incluye ampliación de diámetros, rehabilitación estructural, mantenimiento preventivo y gestión comunitaria, permitirá:

Reducir reboses en al menos un 80 %.

Disminuir focos de infección y olores.

Mejorar la salud pública y el bienestar comunitario.

Garantizar capacidad hidráulica suficiente para los próximos 20 años.

4.7 Propuesta de solución al problema identificado

Rehabilitar y optimizar el sistema de alcantarillado sanitario del sector El Recreo–Durán para garantizar la conducción segura de $Q_{\text{diseño}} \approx 30,4 \text{ L/s}$, disminuir reboses e ingresos parásitos (I/I), y reducir riesgos sanitarios, mediante intervenciones hidráulicas, estructurales y operativas, más un plan de gestión comunitaria y mantenimiento preventivo.

4.7.1 Alcance espacial y técnico

Ámbito: 10 tramos críticos identificados (T1–T10) y sus pozos de revisión; conexiones domiciliarias en dichos tramos.

Intervenciones: aumento de diámetro en tramos insuficientes, rehabilitación sin zanja, corrección de pendientes, sellado de acometidas, limpieza inicial, inspección CCTV, pozos nuevos y plan de O&M.

No incluye ampliaciones fuera del polígono crítico ni tratamiento final de aguas, se deja como recomendación de mediano plazo.

4.7.2 Criterios de diseño adoptados

Horizonte de diseño: 20 años.

Población de diseño (N_{20}): 4 304 hab (proyección).

Dotación sanitaria (q_d): 180 L/hab·día; retorno $r=0,85$.

I/I: 0,20 L/s·ha; $A=30$ ha $\rightarrow Q_{\{I/I\}}=6,0$ L/s.

$Q_{med}=7,64$ L/s; K_p (Harmon) $\approx 3,2 \rightarrow Q_{m\acute{a}x}=24,4$ L/s; $Q_{dise\tilde{n}o}=30,4$ L/s.

Velocidades: $V_{min} \geq 0,6$ m/s; $V_{max} \leq 3,0$ m/s.

Material: PVC sanitario $SN \geq 8$ (o PEAD SDR 17 en bursting).

Rugosidad: $n=0,013$ (Manning).

Pendiente mínima de verificación por $\emptyset$ (p.ej., $\emptyset 200 \rightarrow S \approx 0,003$).

4.7.3 Línea base operativa

Hidrojet + desazolve de los 10 tramos críticos.

Inspección CCTV tramo a tramo (inventario de fisuras, raíces, intrusiones, contrapendientes, acometidas ilegales).

Levantamiento de cotas (tapas–fondo pozo–rasante tubería) y verificación de pendientes.

Sellado temporal de acometidas que aporten I/I (prueba con humo/colorantes).

Resultado esperado: matriz “condición–capacidad” por tramo para confirmar/ajustar el paquete de intervención.

4.7.4 Alternativas tecnológicas y selección

A. Recuperación operativa rápida

Limpieza profunda, desraizado puntual, sellado de acometidas, tapas herméticas, ventilación.

B. Rehabilitación sin zanja

CIPP (encamisado curado en sitio) si el diámetro sí alcanza $Q_{\text{diseño}}$ y la falla es estructural moderada.

Pipe bursting (rotura y expansión) cuando no alcanza $Q_{\text{diseño}} \rightarrow$ aumento a $\varnothing 250\text{--}\varnothing 300$ según verificación.

C. Reemplazo con zanja

Para colapsos, contra-pendientes severas o interferencias complejas; corrección geométrica y nueva cama de apoyo.

Criterio de selección:

Si $Q_{\text{capacidad}} \geq Q_{\text{diseño}}$ y hay fisuras $\rightarrow$ CIPP.

Si $Q_{\text{capacidad}} < Q_{\text{diseño}} \rightarrow$ pipe bursting (preferente) o reemplazo con zanja si la traza debe modificarse.

4.8. Resumen de intervenciones propuestas por tramo

Tabla 22.

Resumen de intervenciones propuestas por tramo en la red de alcantarillado

Tramo	Long. (m)	D _{exis} (mm)	S _{exis}	Hallazgos (CCTV)	Verificación n Q (Q/Qcap)	Solución propuesta	Observaciones
T1	120	200	0,003	Fisuras, sedimentos	1,69	Pipe bursting a $\varnothing 300$	Pozo nuevo km 0+060
T2	85	250	0,002	Intrusión de raíces	1,14	Pipe bursting a $\varnothing 300$	Rect. pendiente
T3	160	300	0,003	Fisuras longitudinales	0,57	CIPP $\varnothing 300$	CCTV post- curado
T4	...	...	...	...	...	...	...

Nota: Los tramos T1 y T2 eliminan la insuficiencia hidráulica mediante aumento de diámetro (*upsizing*), mientras que T3 recupera la estanqueidad con CIPP sin reducir la sección.

Elaborado por: Correa y Asan (2025).

4.8.1 Detalles constructivos mínimos

1. Tubería PVC sanitario SN $\geq$ 8 (o PEAD SDR 17 en bursting).
2. Pozos de revisión $\varnothing$ interno $\geq$ 1,20 m; cambios de dirección/diámetro y cada $\leq$ 50 m; peldaños y ventilación.
3. Camas y rellenos, material granular seleccionado; compactación por capas; control de densidad.
4. Pruebas, estanqueidad (aire/agua) por tramo, CCTV post-obra (acta de aceptación).

4.8.2 Reducción de I/I y control de olores (gestión)

1. Sellos de acometidas domiciliarias, tapones en derivaciones inactivas.
2. Trampas de grasas obligatorias a comercios de alimentos; inspección semestral.
3. Ventilación en pozos confluyentes, biofiltros/carbono en puntos de queja por H₂S.
4. Campaña comunitaria: no verter sólidos/aceites; uso de medidores y reporte temprano de reboses.

4.8.3 Plan de mantenimiento preventivo (O&M)

Tabla 23.

Programa propuesto de operación y mantenimiento (O&M) del sistema de alcantarillado

Actividad	Tramos	Frecuencia	Indicador meta
Limpieza con hidrojet/desazolve	T1–T3 (críticos)	Trimestral	Reboses $\leq$ 1 evento/semestre
Limpieza con hidrojet/desazolve	Resto de la red	Semestral	Sedimentos < 10 % altura
Inspección CCTV	T1–T3	Anual	100 % con acta e inventario actualizado
Inspección CCTV	Resto	Bianual	Cobertura $\geq$ 90 %
Control de grasas (comercios)	Zona comercial	Semestral	Cumplimiento $\geq$ 90 %
Atención a reboses	Toda el área	24 h	Tiempo de respuesta $\leq$ 24 h

Nota. El programa de O&M propuesto incluye actividades preventivas y correctivas para asegurar la operación continua del sistema de alcantarillado sanitario.

Fuente: Con base en prácticas de gestión de redes de alcantarillado (2025).

4.8.4 Cronograma de implementación

Tabla 24.

Cronograma tentativo de ejecución del proyecto de rehabilitación de alcantarillado

Fase	Actividad	Duración	Entregable
Preparación	Topografía, permisos, señalización	2 sem	Planos base y plan de manejo
Diagnóstico	Hidrojet + CCTV (línea base)	2 sem	Informe de condición por tramo
Ingeniería	Ajuste final de solución por tramo	3 sem	Memoria y planos "for construction"
Procura	Contratación y compras	2 sem	Órdenes emitidas
Obra	Bursting/CIPP/zanja + pozos + pruebas	8–10 sem	Actas parciales por tramo
Cierre	CCTV post–obra, as–built, plan O&M	2 sem	Dossier de cierre y capacitación

Nota. Las duraciones están basadas en rendimientos típicos de obra (limpieza: 150–250 m/día; bursting: 25–40 m/día; CIPP: 60–120 m/día; zanja: 15–30 m/día) y en la ejecución de frentes de obra simultáneos mínimos.

Fuente: Planificación técnica del proyecto (2025).

4.9 Presupuesto referencial

Tabla 25.

Presupuesto estimado por partidas del proyecto de rehabilitación de alcantarillado

Ítem	Unidad	Cantidad	Costo unitario (USD)	Subtotal (USD)
Hidrojet + CCTV	m	800	10.00	8,000.00
Pipe bursting Ø300	m	205	260.00	53,300.00
CIPP Ø300	M	160	200.00	32,000.00
Pozos Ø1.20 m	Ud	6	1,900.00	11,400.00
Reposición pavimento	m²	350	45.00	15,750.00
TOTAL, PARCIAL				124,842.00
+ Imprevistos (12%)				14,981.04

+ IVA (15%)	20,951.75
TOTAL FINAL	160,774.79

Nota. Valores referenciales para la estimación del presupuesto de obra civil, expresados en dólares de los Estados Unidos.

Elaborado por: Correa y Asan (2025).

El presupuesto parcial del proyecto asciende a 124,842.00 USD, calculado con base en los costos unitarios referenciales del mercado, se adiciona un 12 % por imprevistos, lo cual permite cubrir variaciones en materiales, transporte, condiciones de obra y contingencias no previstas, en aplicación de la Ley 470 del 4 de diciembre de 2024, que fijó en 15 % la tarifa del Impuesto al Valor Agregado (IVA) para el año 2025, se adiciona dicho valor tributario.

De este modo, el costo total estimado del proyecto asciende a 160,774.79 USD, este monto deberá ajustarse de acuerdo con los precios vigentes del SERCOP o con cotizaciones oficiales al momento de la contratación.

4.9.1 Matriz de riesgos y mitigación

Tabla 26.

Principales riesgos identificados en la ejecución del proyecto de alcantarillado y medidas de mitigación

Riesgo	Prob.	Impacto	Mitigación
Interferencia con redes de terceros	Media	Alta	Planos de servicios, cateo previo, PMT
Lluvia intensa durante obra	Media	Media	Ventanas secas, bombeo temporal, bypass
Fallas en bursting por suelo duro	Baja	Alta	Estudio geotécnico puntual, equipo reforzado
Resistencia comunitaria	Media	Media	Socialización, señalización, atención 24/7

Nota. Los riesgos y medidas corresponden a la planificación técnica preliminar del proyecto de rehabilitación de alcantarillado.

Elaborado por: Correa y Asan (2025).

4.9.2 Indicadores de desempeño post-obra

- Reboses: ≤ 1 evento/semestre en tramos críticos (meta a 12 meses).

- Olores reportados: reducción ≥ 70 % (encuesta de satisfacción + registros).
- I/I: reducción ≥ 30 % (noches secas, caudales base).
- Cumplimiento O&M: ≥ 90 % actividades ejecutadas según plan.

4.9.3 Justificación técnica y social de la solución

- Técnica, el upsizing ($\varnothing 300$) en T1–T2 garantiza $Q_{\text{diseño}} \geq 30,4$ L/s con velocidades dentro de rango; CIPP restituye estanqueidad sin pérdida de sección, nuevos pozos mejoran operación y ventilación.
- Sanitaria/ambiental, menor exposición a aguas servidas, reducción de olores 100 % de encuestados reportó molestias, y disminución de coliformes en reboses.
- Social y de gestión, respuesta más rápida (≤ 24 h), educación comunitaria y control de grasas atienden las causas recurrentes que revelaron las encuestas.
- Económica, concentrar obras en el 20–30 % de la red logra la mayor reducción de fallas, criterio Pareto, con costos de operación futuros más bajos.

CONCLUSIONES

El proceso investigativo permitió alcanzar todos los objetivos planteados en el capítulo inicial, a través de la recopilación de información en campo y en catastros municipales, se constató que el sistema de alcantarillado del sector El Recreo posee una antigüedad superior a los veinte años, con predominio de tuberías de PVC de diámetros reducidos, muchas de ellas fisuradas o colapsadas, y pozos de revisión que no cumplen con los parámetros técnicos de la normativa vigente, se comprobó la falta de un plan de mantenimiento preventivo, lo cual explica la frecuencia de fallas registradas. La integración de encuestas comunitarias, cálculos hidráulicos y la comparación con normas técnicas NEC-SE-HS y CO-10-7-602 permitió validar que la red actual no tiene capacidad para conducir el caudal de diseño proyectado $\approx 30,4$ L/s, lo que confirma la insuficiencia estructural y operativa del sistema, de esta forma, se cumple con el objetivo de diagnóstico integral y se fundamenta con evidencia empírica y técnica la necesidad de una intervención inmediata.

Los resultados obtenidos no solo describen un problema técnico, sino que demuestran consecuencias graves en el entorno social, ambiental y sanitario, el 90 % de las familias encuestadas reconoció haber sufrido enfermedades gastrointestinales relacionadas con las deficiencias del sistema, el 100 % reportó la presencia constante de malos olores y el 65 % indicó que los reboses de aguas servidas son frecuentes o muy frecuentes, especialmente en temporada invernal, estos datos reflejan que el sistema actual constituye un riesgo permanente para la salud pública, favorece la proliferación de vectores y enfermedades hídricas, y degrada la calidad ambiental del sector, a nivel urbano, la deficiente gestión del alcantarillado afecta la habitabilidad de El Recreo, disminuye el valor de las propiedades y limita el desarrollo ordenado de la zona, Durán, un cantón con históricas deficiencias en saneamiento, los hallazgos confirman la vulnerabilidad de su población y la urgencia de priorizar obras de saneamiento básico sobre proyectos de urbanización superficial.

La propuesta de mejora elaborada en este trabajo tiene un valor técnico y social trascendente, pues plantea una solución integral que conjuga innovación, sostenibilidad y participación comunitaria, en lo técnico, se propone la utilización de

tecnologías de rehabilitación sin zanja como el CIPP encamisado curado en sitio y el pipe bursting, rotura y expansión controlada, que permiten renovar los tramos colapsados sin necesidad de excavaciones extensas, reduciendo costos y tiempos de ejecución. En lo social, la propuesta incorpora un componente comunitario orientado al control de vertidos indebidos, grasas y residuos sólidos, así como la educación ciudadana en el uso responsable del sistema, en lo sanitario y ambiental, busca reducir reboses, olores y coliformes en un 70–80 %, lo que tendrá un impacto directo en la salud pública, su carácter innovador se expresa en la articulación de soluciones de ingeniería moderna con procesos de gestión comunitaria y de fiscalización ciudadana, garantizando que la obra no solo sea técnicamente factible, sino también sostenible y apropiada por la población beneficiaria.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Durán EMAPAD replantear su modelo de gestión, priorizando el alcantarillado sanitario sobre proyectos visibles de menor impacto, los hallazgos evidencian que la administración ha actuado de manera reactiva, interviniendo únicamente ante colapsos, sin implementar planes de mantenimiento preventivo ni monitoreo sistemático de la red, es urgente que EMAPAD establezca un programa de Operación y Mantenimiento con cronogramas de limpieza, inspección y reparación, acompañado de indicadores de desempeño auditables.

Se sugiere reorientar recursos municipales hacia obras de saneamiento básico. Entre 2008 y 2023 se destinaron millones a pavimentación y bordillos, mientras el sistema sanitario fue relegado, el presupuesto debe incluir un fondo fijo para alcantarillado sanitario que cubra no solo rehabilitación de tuberías, sino también la compra y mantenimiento de hidrocleaners, evitando la dependencia de equipos alquilados que incrementan costos.

Se sugiere al Municipio y a EMAPAD revisar la aplicación efectiva de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HS y la Norma CO-10-7-602, garantizando que toda intervención en la red cumpla con pendientes, diámetros y materiales adecuados y que implemente canales de comunicación efectivos con la ciudadanía del sector El Recreo, mediante brigadas de información y capacitación en el manejo del alcantarillado, uso de trampas de grasas, no verter sólidos en la red, reporte oportuno de reboses, esta participación activa permitirá reducir ingresos parásitos (I/I) y fomentar corresponsabilidad comunitaria en el cuidado del sistema, se recomienda exigir la fiscalización externa de las obras de alcantarillado, para evitar que sean instaladas “a la maldita sea”, como se ha evidenciado en sectores de Durán.

Dado que los reboses de aguas servidas incrementan el riesgo de enfermedades gastrointestinales, parasitarias y leptospirosis registradas en El Recreo, se recomienda coordinar con el Ministerio de Salud Pública campañas de prevención, fumigación y educación sanitaria paralelas a la intervención técnica del

alcantarillado. Esta articulación interinstitucional garantizará un impacto inmediato en la reducción de enfermedades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Vásquez, E., & Vera Chilán, J. (2016). *Evaluación Hidrológica-Hidráulica De La Ciudadela El Recreo Etapa 1 En El Cantón Durán Para El control De Inundaciones [Tesis de licenciatura. Obtenido de Universidad de Guayaquil: Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería Civil]* : <https://repositorio.ug.edu.ec/items/21246600-9729-469d-be6c-f4235ffa9baf>
- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (29 de 09 de 2016). *Modelo de Gestión de Aguas Pluviales (SWMM)*. Obtenido de https://19january2017snapshot.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm_.html#:~:text=SWMM%20puede%20estimar%20la%20producci%C3%83%C2%B3n,naturales%20en%20tuber%C3%83as%20y%20canales
- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (07 de 11 de 2024). *Aplicación para el modelado de sistemas de distribución de agua potable*. Obtenido de <https://www.epa.gov/water-research/epanet>
- Agencia de Regulación y Control del Agua. (12 de 2020). *Gestión de Agua Potable y Saneamiento*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2019/Agua_potable_alcantarillado_2019/PRESENTACION%20APA%202019%20V07_rev_corregido.pdf
- Agencia de Regulación y Control del Agua. (2022). *El Directorio de la Agencia de Regulación y Control del Agua*. Obtenido de REGULACIÓN Nro. DIR-ARCA-RG-012-2022: https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/07/Regulacio%CC%81n-DIR-ARCA-RG-012-2022-Calidad-del-agua_-signed.pdf
- Alcaldía de Durán. (19 de Agosto de 2020). *El Consejo Municipal del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Durán*. Obtenido de Ordenanza N° GADMCD-2020-010-DNM: <https://duran.gob.ec/wp-content/uploads/transparencia/concejo-municipal/ordenanzas/2020/010-2020%20ORDENANZA%20N.-%20GADMCD-2020-010->

DNM%20Ordenanza%20que%20norma%20la%20gestion%20integral%20de
%20los%20desechos%20sanitarios%20en%20el%20canton%20Duran.pdf

Aldama, C., Coloma , M., Espinoza, D., Guerrero, J., Hanna, D., Salinas , T., . . .
Intriago, M. (11 de 03 de 2024). Justicia hídrica y reciprocidad entre la ciudad
y las comunidades del páramo de Ñukanchik Urku en Cangahua, Ecuador.
Esferas, 5(1), 101-120. doi:<https://doi.org/10.18272/esferas.v5i.3046>

Asamblea Nacional. (06 de 08 de 2014). *Ley Organica de Recursos Hidricos usos y
aprovechamiento del agua*. Obtenido de Registro Oficial Suplemento 305:
[https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-
content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-
H%C3%ADdricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf](https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADdricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf)

Asamblea Nacional. (06 de 08 de 2014). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos usos y
aprovechamiento del agua*. Obtenido de Registro Oficial Suplemento 305 de
06-ago.-2014: [https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-
content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-
H%C3%ADdricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf](https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADdricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf)

Ayala Millingalli, S. M. (Septiembre de 2022). *Diseño de una planta de tratamiento
de aguas residuales [tesis de Ingeniería]*. Obtenido de Universidad Politécnica
Salesiana]:
[https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23454/1/UPS%20-
%20TTS1044.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23454/1/UPS%20-%20TTS1044.pdf)

Brites, W. F. (31 de 03 de 2025). Ciudades medias y desigualdades urbano-
ambientales. Estudio de casos en Sudamérica. *Letras Verdes. Revista
Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 1(37).
doi:[doi:doi.org/10.17141/letrasverdes.37.2025.6135](https://doi.org/10.17141/letrasverdes.37.2025.6135)

Camdesa. (22 de Noviembre de 2023). *Breve historia del alcantarillado: orígenes y
ejemplos*. Obtenido de Camdesa: [https://camdesa.es/blog/alcantarillado-
origenes-y-ejemplos/](https://camdesa.es/blog/alcantarillado-origenes-y-ejemplos/)

Cardenas Salda, B. (2023). *CBR en laboratorio para obras de pavimentación*.
Obtenido de [https://es.slideshare.net/slideshow/cbr-en-laboratorio-para-
obras-de-pavimentacin/265598752](https://es.slideshare.net/slideshow/cbr-en-laboratorio-para-obras-de-pavimentacin/265598752)

- Catagña, G. (2023). *Memoria técnica sistema de agua potable, sistema de agua servidas*. Obtenido de https://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Administraci%C3%B3n%202023-2027/Comisiones%20del%20concejo%20Metropolitano/Subcomisi%C3%B3n%20T%C3%A9cnica%20de%20%20C3%81reas%20Hist%C3%B3ricas/2024/2024-01-09/Documentos%20para%20Tratamiento/1.%20Proyecto%20Gualli
- Celec. (2019). *Memoria técnica del sistema de alcantarillado sanitario y memoria técnica del sistema de alcantarillado*. Obtenido de <file:///C:/Users/user/Downloads/7151407.pdf>
- Código Orgánico Administrativo. (07 de 07 de 2017). *Código Orgánico Administrativo*. Obtenido de Segundo Suplemento – Registro Oficial N° 31: <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2020/11/COA.pdf>
- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. (19 de 10 de 2010). *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización*. Obtenido de Registro Oficial Suplemento 303 de 19-oct-2010: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_org.pdf
- Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de Construcción . (06 de Abril de 2011). *Norma ecuatoriana de construccion*. Obtenido de NEC-10: <https://inmobiliariadja.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/09/nec2011-cap-15-instalaciones-electromecc3a1nicas-021412.pdf>
- Conagua. (2020). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Obtenido de Los materiales más comúnmente utilizados en proyectos de saneamiento son los siguientes:
- Constitución de la República del Ecuador. (20 de 10 de 2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Obtenido de Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf

Defensoria del Pueblo. (2018). *El alcatarillado y el ejercicio de derechos de Ecuador*. Obtenido de <https://repositorio.dpe.gob.ec/bitstream/39000/2261/1/IT-DPE-002-2019.pdf>

Defensoria del Pueblo del Ecuador. (2018). *El alcatarillado y el ejercicio de derechos en el Ecuador*. Obtenido de Defensoria del Pueblo del Ecuador: <https://repositorio.dpe.gob.ec/bitstream/39000/2261/1/IT-DPE-002-2019.pdf>

Dirección Metropolitana de Hidroinformática. (07 de 08 de 2024). *¿Qué significa CIPP?* Obtenido de <https://www.limpiezasdomingo.com/blog/que-significa-cipp/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20CIPP?,eficiencia%20y%20menor%20impacto%20ambiental>.

Econet. (16 de 09 de 2016). *¿Cuándo se construyeron las primeras alcantarillas de la historia?* Obtenido de <https://econetdesatascos.com/cuando-se-construyeron-las-primeras-alcantarillas-de-la-historia/>

Empresa municipal de agua potable y alcatarillado de Durán. (21 de 06 de 2019). *Empresa Municipal de Agua Potable y Alcatarillado de Durán*. Obtenido de Oficio Nro. EMAPAD-EP-GG-011-2019-CML: https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/uploads/2019/07/95_RESOLUCION_EMAPAD-EP-GG-2019-020.pdf

Empresa Publica Ecuador estratégico. (2019). *Manual de operación y mantenimiento de redes de alcatarillado sanitario*. Obtenido de Proceso Contratacion: <https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=7ax3hjL-YqvWTNYCBKrXPKvTXJMhzb5LRJonPyh2Ujo>,

Envaselia. (2020). *Qué es el polietileno de alta densidad HDPE ó PEAD*. Obtenido de <https://www.ensavelia.com/blog/que-es-el-polietileno-de-alta-densidad-hdpe-o-pead-id18.htm>

Esferes Estudios. (2019). *El Objetivo de Desarrollo Sostenible 6*. Obtenido de Revisión y análisis crítico del instrumento de Naciones Unidas para Revisión y análisis crítico del instrumento de Naciones Unidas para: <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2020/02/ESFeres25-ODS-A5-web.pdf>

- Fracttal. (2025). *Mantenimiento preventivo a fondo*. Obtenido de ¿Qué es el mantenimiento preventivo?: <https://www.fracttal.com/es/guias-mantenimiento/mantenimiento-preventivo#:~:text=El%20mantenimiento%20preventivo%20es%20fundamental,y%20prolongar%20su%20vida%20%C3%BAtil>.
- Fundación Así Vamos en Salud. (06 de 07 de 2018). *Participación comunitaria en salud*. Obtenido de <https://www.asivamosensalud.org/salud-para-ciudadanos/participacion-comunitaria-en-salud#:~:text=La%20participaci%C3%B3n%20comunitaria%2C%20surge%20cuando,y%20tomando%20decisiones%20para%20atenderlos>.
- Guanipa Rivero, K., Lugo Aguilar, A., & Rincón Ortiz, J. (2020). *Análisis de sensibilidad de parámetros hidrológicos e hidráulicos del modelo SWMM y su aplicación en sistemas de drenaje urbano*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5703/570362079002/html/>
- Habitat. (2021). *Comprender las dimensiones del problema del agua*. Obtenido de <https://onu-habitat.org/index.php/comprender-las-dimensiones-del-problema-del-agua>
- Hernández, A. (2020). *Investigación sobre gobernanza y territorio. Ejes temáticos, propuesta de marco analítico y resultados*. Obtenido de Marco analítico para el estudio de la gobernanza y su relación con el territorio. : [https://cider.uniandes.edu.co/es/boletines/boletin-115/investigacion-gobernanza-territorio-ejes-tematicos-propuesta-marco-analitico-resultados#:~:text=La%20gobernanza%20territorial%20tambi%C3%A9n%20est%C3%A1,estatales%20\(privados%20y%20comunitarios\)](https://cider.uniandes.edu.co/es/boletines/boletin-115/investigacion-gobernanza-territorio-ejes-tematicos-propuesta-marco-analitico-resultados#:~:text=La%20gobernanza%20territorial%20tambi%C3%A9n%20est%C3%A1,estatales%20(privados%20y%20comunitarios)).
- Hidro ingeniería. (2020). *Actualización del estudio y diseño definitivo para la rehabilitación del colector sanitario "Parson Sur" de la ciudad de Guayaquil*. Obtenido de https://www.guayaquil.gob.ec/wp-content/uploads/Documentos/UPFE-CAF/UPFE%202024/PE-MIMG-2024-1/PREPARATORIA/14%20INFORMES/ANEXOS/ANEXO5CRITERIOSDEDISEÑO-signed-signed-signed.pdf?utm_source=

- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2021). *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. Obtenido de Reporte nacional de cobertura de servicios básicos en Ecuador. INEC: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2021/Agua_potable_alcantarrillado_2021/PRESENTACION%20APA%202021_V7%20\(Rav.%20Dicos\).pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2021/Agua_potable_alcantarrillado_2021/PRESENTACION%20APA%202021_V7%20(Rav.%20Dicos).pdf)
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (01 de 11 de 2023). *Escala Nacional el acceso a servicios básicos en el Ecuador*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/a-escala-nacional-el-acceso-a-servicios-basicos-en-el-ecuador-revela-un-progreso-gradual/>
- Libertun, N. (07 de 04 de 2022). *¿Cómo influye una vivienda en la salud de sus ocupantes?* Obtenido de <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/como-influye-una-vivienda-en-la-salud-de-sus-ocupantes/>
- López Cepeda , G. (2023). *Diseño del Sistema del Alcantarillado Sanitario en el sector Río Guayas perteneciente a la Parroquia Picoazá, Cantón Portoviejo [Tesis de Ingeniería*. Obtenido de Universidad Estatal del Sur de Manabí: <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/6100/1/L%C3%B3pez%20Cepeda%20Gladys%20Esthefania.pdf>
- Manotoa Santana, A. (2016). *Estudio de la Correlación entre los Ensayos (DCP) Penetrómetro Dinámico de Cono y (CBR) Relación de Soporte de California en los Diferentes Tipos de Suelos [Tesis de Ingeniería,*. Obtenido de Universidad Técnica de Ambato]: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/17abbcec-0f1c-42af-9d38-4dd61812db23/content>
- Martex. (2025). *Tuberías Plásticas en HDPE y GRP*. Obtenido de <https://martexis.com/centrales-termicas/tuberias-plasticas-en-hdpe-y-grp/>
- Martinez Perez, E. (2020). *Velocidades y Pendientes Maximales y Minimales en Alcantarillado Sanitario*. Obtenido de https://es.scribd.com/doc/140623274/Velocidades-y-Pendientes-Maximas-y-Minimas-en-Alcantarillado-Sanitario?utm_so
- Martínez, C., Pacheco Valencia, M., & Velasco Morales, R. (2021). *Plan para la reducción del índice de agua no contabilizada -IANC- apoyado en un modelo*

de gobierno de TI (Tecnologías de la Información). Obtenido de <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/8d77d1cc-8d22-495d-8f04-34a7bcb1ff54/content>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2023). *Capítulos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción)*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

Ministerio de Desarrollo y Urbano. (2023). *Capítulos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción)*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (23 de 07 de 2024). *La ministra Sade Fritschi lideró inspección a los sistemas de captación y tratamiento de agua potable en Durán*. Obtenido de Boletín Nro. 101: <https://www.ambiente.gob.ec/la-ministra-sade-fritschi-lidero-inspeccion-a-los-sistemas-de-captacion-y-tratamiento-de-agua-potable-en-duran/>

Moeve. (18 de 03 de 2025). *Hoy no es el día de...el agua*. Obtenido de Innovación y tecnología al servicio del agua: <https://www.moeveglobal.com/es/planet-energy/medioambiente/importancia-del-agua-innovacion-y-tecnologia#:~:text=Innovaci%C3%B3n%20y%20tecnolog%C3%ADa%20al%20servicio,asegurando%20que%20cada%20gota%20cuenta.>

Molina, V., Hernandez, V., Esteves, E., Ramos E, L., & Bolivar, G. (2025). *Características Generales del Sistema de Alcantarillado*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/caracteristicas-generales-de-los-sistemas-de-alcantarillado/13821974>

Naciones Unidas. (2019). *Causas y efectos del cambio climático*. Obtenido de <https://www.un.org/es/climatechange/science/causes-effects-climate-change#:~:text=El%20calentamiento%20global%20genera%20escasez,la%20vulnerabilidad%20de%20los%20ecosistemas.>

Organización de las Naciones Unidad. (22 de 03 de 2021). *Comprender las dimensiones del problema del agua*. Obtenido de <https://onu->

habitat.org/index.php/comprender-las-dimensiones-del-problema-del-agua?fb_#:~:text=Las%20ciudades%20cada%20vez%20utilizan,y%20cisternas%20de%20los%20inodoros.

Organización de las Naciones Unidas. (20 de 01 de 2003). *Observación general N° 15 (2002) : El derecho al agua (artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales)*. Obtenido de <https://www.refworld.org/es/leg/coment/cescr/2003/es/39347>

Organización Mundial de la Salud. (22 de 03 de 2024). *Saneamiento*. Obtenido de Datos y cifras: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation#:~:text=Un%20saneamiento%20deficiente%20va%20asociado,la%20resistencia%20a%20los%20antimicrobianos>.

Recalde Larrea, M. (05 de Diciembre de 2024). *Acuerdo Nro. MAATE-MAATE-2024-0079-A*. Obtenido de Republica del Ecuador: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/12/ACUERDO-Nro.-MAATE-MAATE-2024-0079-A.pdf>

Reinoso Zhindón, D. (2023). *Diseño de un Sistema desarenador para retención de sedimento en la cisterna del sistema de agua de enfriamiento de la central hidroeléctrica Alazán*. [tesis de maestría,. Obtenido de Universidad Politécnica]: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24485/1/UPS-CT010377.pdf>

Rezzano, N., Cortizo, G., & Adler, V. (24 de 08 de 2021). *8 estrategias para mejorar la conexión a la red de saneamiento en barrios vulnerables*. Obtenido de <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/8-estrategias-para-mejorar-la-conexion-a-la-red-de-saneamiento-en-barrios-vulnerables/#:~:text=En%20efecto%2C%20la%20falta%20de,al%20PMB%20hab%C3%ADa%20llevado%20adelante>.

sabsa. (20 de 07 de 2023). *Cómo dimensionar tuberías en sistemas de agua potable*. Obtenido de <https://www.sabsa.com/es/como-dimensionar-tuberias-en-sistemas-de-agua-potable/>

Salgado Herrera, J. (09 de Abril de 2021). *Desempeño Ambiental de tubería de PVC corrugada de doble pared y tubería de PVC de perfil cerrado con sello elastomérico en el Ecuador [Tesis de maestría]*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del Litoral:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/52703/1/T-111104%20%20SALGADO%20HERRERA%2C%20JOEL.pdf>

Salto Sánchez, A., Rojas Álvarez, J., Villa, P., & Tobar Barreno, G. (21 de 01 de 2018). *Evaluación del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Pluvial de La Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil*. Obtenido de

[https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/586#:~:text=Resumen,masculina%20\(inodoros%20y%20lavabos\)](https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/586#:~:text=Resumen,masculina%20(inodoros%20y%20lavabos)).

Secretaria del Agua. (2019). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Obtenido de <https://inmobiliariadja.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/09/norma-co-10-7-602-poblacion-mayor-a-1000-habitantes.pdf>

Servicio de acreditación ecuatoriano. (17 de 12 de 2018). *Organismos de evaluación de la conformidad*. Obtenido de <https://www.acreditacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/PA06-R02-Procedimiento-de-Acreditaci%C3%B3n-Organismo-de-Evaluaci%C3%B3n-de-la-Conformidad.pdf>

Storm Water Management Model. (2005). *Especificaciones técnicas para la implementación de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua*. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005a.%20Construcci%C3%B3n%20de%20redes%20de%20distribuci%C3%B3n.pdf

Unión de científicos conscientes. (06 de 06 de 2022). *¿Qué es la resiliencia climática?* Obtenido de <https://es.ucs.org/recursos/que-es-la-resiliencia-climatica#:~:text=La%20%20C3%BAnica%20forma%20de%20lograr,lugar%20m%C3%A1s%20equitativo%20y%20justo>.

WI Plastics. (08 de 06 de 2022). *Tuberías de HDPE vs. PVC*. Obtenido de <https://www.wlplastics.com/news/hdpe-vs-pvc-pipes#:~:text=Aunque%20el%20PVC%20y%20el,sector%20municipal%20y%20las%20comunicaciones%20>.

Zambrano Arévalo , G. (2020). Diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario para el sector El Arrastradero de la ciudad de Calceta del cantón Bolívar. *[Tesis de grado, Universidad estatal del sur de Manabí]*. Repositorio Digital de Tesis. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2428/1/28%20Zambrano%20Ar%C3%A9valo%20Gilberth%20Mois%C3%A9s.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. *Cuestionario a la colectividad*

Cuestionario

Encuesta sobre el sistema de alcantarillado sanitario en el sector El Recreo – Cantón Durán

Objetivo: Conocer la percepción de los habitantes sobre el funcionamiento del sistema de alcantarillado y sus efectos sociales y sanitarios.

1) ¿Desde hace cuánto tiempo reside en este sector?

- ☐ Menos de 1 año
- ☐ 1 – 5 años
- ☐ 6 – 10 años
- ☐ Más de 10 años

2) ¿Su vivienda está conectada al sistema de alcantarillado sanitario?

- ☐ Sí
- ☐ No

3) ¿Con qué frecuencia ha notado reboses en las alcantarillas cercanas a su vivienda?

- ☐ Nunca
- ☐ Rara vez
- ☐ Frecuentemente
- ☐ Muy frecuentemente

4) ¿Ha percibido malos olores provenientes del alcantarillado en su sector?

- ☐ Sí, de manera constante
- ☐ Sí, ocasionalmente
- ☐ No

5) ¿Durante la temporada de lluvias, se han presentado inundaciones o colapsos en las redes de alcantarillado de su zona?

- ☐ Sí, con frecuencia
- ☐ Algunas veces
- ☐ Nunca

6) ¿Considera que el mal estado del alcantarillado afecta la salud de su familia (enfermedades gastrointestinales, infecciones, etc.)?

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ No estoy seguro

7) ¿Ha realizado denuncias o reportes sobre problemas del alcantarillado a las autoridades municipales?

- ☐ Sí, y recibí respuesta
- ☐ Sí, pero no recibí respuesta
- ☐ No

8) ¿Qué considera más urgente mejorar en el sistema de alcantarillado de su sector?

- ☐ Reparación de daños estructurales
- ☐ Mantenimiento y limpieza frecuente
- ☐ Renovación completa de la red
- ☐ No sabría decir

9) ¿Considera que el sistema de alcantarillado actual es suficiente para la población del sector?

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ No estoy seguro

10) ¿Qué impacto cree que tendría una mejora integral del alcantarillado en su calidad de vida?

- ☐ Muy positivo
- ☐ Positivo
- ☐ Poco impacto
- ☐ Ninguno

11) Pregunta abierta ¿Qué sugerencia haría para mejorar el alcantarillado sanitario en su sector?