ALCALDÍA MUNICIPAL DE EL ESPINAL
NIT. 890.702.027-0

CONSULTOR

INGENIERÍA Y DESARROLLO NACIONAL INALDEX S.A.S
NIT. 901.431.997-5

CONTRATO No. 457 DE 2022

CONTRATAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL COLECTOR NORTE DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE EL ESPINAL – TOLIMA

PRODUCTO 1: DIAGNÓSTICO Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS VIABLE



MUNICIPIO EL ESPINAL
DEPARTAMENTO DE TOLIMA
MAYO DE 2022

CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN ACTUAL	FECHA	NATURALEZA DEL CAMBIO
00	27 de Abril de 2022	Versión Inicial
01	13 de Mayo de 2022	Atención a Observaciones

REVISÓ

Director del Proyecto
JOSÉ CARLOS VERGARA MENDOZA

APROBÓ

ORIGINAL FIRMADO

Supervisor del Contrato No. 457 de 2022
DIEGO FERNANDO GUZMÁN ZARTA

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN **11**
OBJETIVOS **12**
ALCANCE **13**
1 DIAGNÓSTICO Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS VIABLE **1**
1.1 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN **2**
1.1.1 Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de El Espinal E.S.P. (EAAA El Espinal) 2
1.1.2 Servicio Geológico Colombiano (SGC) 4
1.1.3 Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) 4
1.1.4 Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) 4
1.1.5 Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) 5
1.1.6 Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA) 5
1.1.7 Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) 5
1.1.8 Alcaldía Municipal de El Espinal 6
1.1.9 Secretaría de Planeación de El Espinal 7
1.1.10 Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH) 7
1.1.11 Instituto Nacional de Vías (INVIAS) 7
1.1.12 Autoridad de Licencias Ambientales (ANLA) 8
1.1.13 Información Recibida 8
1.2 CARACTERIZACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA **9**
1.2.1 Generalidades 9
1.2.2 Caracterización Física 12
1.2.3 Caracterización Socioeconómica 23
1.3 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO **26**
1.3.1 Estado del Servicio 26
1.3.2 Componentes del Sistema 27
1.3.3 Fuente Receptora 30
1.4 ESTUDIO DE POBLACIÓN Y APORTES DE AGUAS RESIDUALES **31**
1.4.1 Metodología 31
1.4.2 Estimación y Proyección de Población 34
1.4.3 Estimación y Proyección de Aportes de Aguas Residuales 46
1.5 ESTUDIO TOPOGRÁFICO **54**
1.6 CATASTRO REDES ALEDAÑAS AL COLECTOR **55**
1.6.1 Características Redes de Alcantarillado 56
1.6.2 Características Pozos de Inspección 60
1.6.3 Identificación de Vertimientos 61
1.7 EVALUACIÓN HIDRÁULICA REDES EXISTENTES **63**

1.7.1 Parámetros Hidráulicos 64
1.7.2 Escenario 1: Año 2023 73
1.7.3 Escenario 2: Año 2048 79
1.8 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS 85
1.8.1 Alternativa 1 85
1.8.2 Alternativa 2 87
1.8.3 Alternativa 3 89
1.8.4 Alternativa 4 91
1.9 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 93
1.9.1 Evaluación Técnica 94
1.9.2 Evaluación Económica 94
1.9.3 Evaluación Ambiental 114
1.9.4 Evaluación Social e Institucional 121
1.9.5 Evaluación Predial y Catastral 123
1.9.6 Evaluación de Operación y Mantenimiento 127
1.9.7 Evaluación Vulnerabilidad 129
1.9.8 Análisis de Viabilidad y Ponderación de Alternativas 135
CONCLUSIONES 137
BIBLIOGRAFÍA 139

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1.1. Información Recibida....9
Tabla 1.2. Distribución de Usuarios del Sistema de Alcantarillado....26
Tabla 1.3. Servicio de Alcantarillado Estructura Tarifaria Año 2022....27
Tabla 1.4. Características de los Colectores de Alcantarillado Sanitario....28
Tabla 1.5. Características de los Colectores de Alcantarillado Sanitario....29
Tabla 1.6. Dimensiones Componentes Tren de Tratamiento....30
Tabla 1.7. Dimensiones Componentes Pretratamiento....30
Tabla 1.8. Áreas por Uso del Suelo....33
Tabla 1.9. Aportes Agua Residual No Domiciliar....33
Tabla 1.10. Parámetros de diseño RAS 2016 y Resolución 0330 de 2017....34
Tabla 1.11. Censos Relacionados Municipio de El Espinal....34
Tabla 1.12. Tasas Porcentuales de Crecimiento Nacional....35
Tabla 1.13. Tasas Porcentuales de Crecimiento Departamental....36
Tabla 1.14. Tasas Porcentuales de Crecimiento Municipal....36
Tabla 1.15. Proyecciones de Población Método Aritmético....40
Tabla 1.16. Proyecciones de Población Método Geométrico....41
Tabla 1.17. Proyección de Población Método de Crecimiento Exponencial....43
Tabla 1.18. Tendencias de Crecimiento Seleccionadas por Métodos de Proyección....44
Tabla 1.19. Población Proyectada....46
Tabla 1.20. Áreas por Uso del Suelo....48
Tabla 1.21. Dotación Neta Máxima....49
Tabla 1.22. Determinación del Factor de Mayoración....52
Tabla 1.23. Aportes Residuales en el Horizonte de Diseño....54
Tabla 1.24. Distribución de la Red de Alcantarillado por Material....56
Tabla 1.25. Distribución de la Red de Alcantarillado por Diámetro....57
Tabla 1.26. Rangos de Pendiente en la Red....58
Tabla 1.27. Profundidad Mínima a Cota Clave para Redes....58
Tabla 1.28. Profundidad Máxima a Cota Clave para Redes....59
Tabla 1.29. Profundidad a Clave Inicial....59
Tabla 1.30. Profundidad a Clave Final....59
Tabla 1.31. Distribución Pozos de Inspección....60
Tabla 1.32. Descargas a la Quebrada El Espinal....61
Tabla 1.33. Coeficiente de Rugosidad de Manning....65
Tabla 1.34. Diámetro Mínimo....65
Tabla 1.35. Perfiles Hidráulicos....69
Tabla 1.36. Criterio de Evaluación por Capacidad Hidráulica Redes Sanitarias y Combinadas....70
Tabla 1.37. Criterio de Evaluación por Velocidad en las Redes Sanitarias y Combinadas....70
Tabla 1.38. Criterio de Evaluación por Fuerza Tractiva....71
Tabla 1.39. Estados de Flujo....72
Tabla 1.40. Criterio de Evaluación por Régimen de Flujo....73
Tabla 1.41. Resultados de Capacidad Hidráulica del Sistema, Año 2023....73
Tabla 1.42. Resultados de Velocidad del Sistema de Alcantarillado, Año 2023....74
Tabla 1.43. Resultados Capacidad de Arrastre Sistema de Alcantarillado, Año 2023....76
Tabla 1.44. Resultados de Régimen de Flujo en el Sistema de Alcantarillado, Año 2023. 77
Tabla 1.45. Resultados de Capacidad Hidráulica del Sistema, Año 2048....79

Tabla 1.46. Resultados de Velocidad del Sistema de Alcantarillado, Año 2048. 80
Tabla 1.47. Resultados Capacidad de Arrastre Sistema de Alcantarillado, Año 2048. 82
Tabla 1.48. Resultados de Régimen de Flujo en el Sistema de Alcantarillado, Año 2048. 83
Tabla 1.49. Características Red Sanitaria Existente y Proyectada, Alternativa 1. 87
Tabla 1.50. Estructuras Especiales Proyectadas, Alternativa 1. 87
Tabla 1.51. Características Red Sanitaria Existente y Proyectada, Alternativa 2. 89
Tabla 1.52. Estructuras Especiales Proyectadas, Alternativa 2. 89
Tabla 1.53. Características Red Sanitaria Existente y Proyectada, Alternativa 3. 91
Tabla 1.54. Estructuras Especiales Proyectadas, Alternativa 3. 91
Tabla 1.55. Características Red Sanitaria Existente y Proyectada, Alternativa 4. 93
Tabla 1.56. Estructuras Especiales Proyectadas, Alternativa 4. 93
Tabla 1.57. Valores de Ponderación y Actores Involucrados por Evaluación 93
Tabla 1.58. Valores Admisibles por Parámetro Hidráulico 94
Tabla 1.59. Dimensiones de la Tubería según Material 95
Tabla 1.60. Peso de la Tubería según Material 96
Tabla 1.61. Ancho de Zanja para Tubería según Material 97
Tabla 1.62. Ancho de Zanja para Tubería según Material 97
Tabla 1.63. Profundidad mínima de Instalación de Tubería según Material 98
Tabla 1.64. Velocidad Máxima en la Tubería según Material 98
Tabla 1.65. Deflexión Máxima en la Tubería según Material 98
Tabla 1.66. Conexión de la Tubería a Cámaras según Material.....99
Tabla 1.67. Estabilidad de la Tubería según Material 99
Tabla 1.68. Estabilidad de la Tubería según Material 99
Tabla 1.69. Longitud Comercial y Efectiva de la Tubería según Material.....100
Tabla 1.70. Precio de Tubería por Material.....101
Tabla 1.71. Costos Alternativa No. 1 104
Tabla 1.72. Costos Alternativa No. 2 107
Tabla 1.73. Costos Alternativa No. 3 110
Tabla 1.74. Costos Alternativa No. 4 113
Tabla 1.75. Resultados Evaluación Económica 114
Tabla 1.76. Caracterización del Proyecto 115
Tabla 1.77. Acciones Susceptibles a Producir Impacto Ambiental.....118
Tabla 1.78. Criterios de Evaluación Ambiental 119
Tabla 1.79. Parámetros de Calificación Ambiental.....120
Tabla 1.80. Evaluación Ambiental.....120
Tabla 1.81. Evaluación Ambiental.....121
Tabla 1.82. Actores Involucrados.....121
Tabla 1.83. Entorno de Evaluación Social.....122
Tabla 1.84. Resultados Evaluación Social 123
Tabla 1.85. Ponderación de Criterios de Evaluación Predial y Catastral.....125
Tabla 1.86. Afectación Predial y Catastral 126
Tabla 1.87. Resultados Evaluación Predial y Catastral.....126
Tabla 1.88. Costos Actuales de Mantenimiento.....128
Tabla 1.89. Costos por Personal Operario.....128
Tabla 1.90. Costos por Personal Operario.....129
Tabla 1.91. Resultados Evaluación Operativa y Mantenimiento 129
Tabla 1.92. Criterios de Evaluación, Evaluación de Vulnerabilidad.....130
Tabla 1.93. Etapa 1, Evaluación de Vulnerabilidad.....131
Tabla 1.94. Etapa 2, Calificación del Riesgo, Alternativa 1.....132
Tabla 1.95. Etapa 3, Evaluación de Vulnerabilidad, Alternativa 1 133
Tabla 1.96. Resultados, Evaluación Vulnerabilidad 134

Tabla 1.97. Calificación Alternativa Más Viable.....135

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1. Localización General del Área de Estudio 10
Figura 1.2. Localización Municipio de El Espinal 11
Figura 1.3. Vías de Acceso a El Espinal 12
Figura 1.4. Topografía - Municipio de El Espinal 13
Figura 1.5. Geología - Municipio de El Espinal 15
Figura 1.6. Geomorfología Cuenca Río Luisa y Otros Directos al Magdalena 16
Figura 1.7. Cuencas Hidrográficas - Municipio de El Espinal 17
Figura 1.8. Hidrografía - Municipio de El Espinal 18
Figura 1.9. Eventos de los Cinco (5) Principales Fenómenos Presentados en El Espinal 20
Figura 1.10. Afectaciones de los Principales Fenómenos Presentados en El Espinal 21
Figura 1.11. Amenaza- Municipio de El Espinal 23
Figura 1.12. Procedimiento de Proyección de Población 31
Figura 1.13. Procedimiento para Estimar Aportes de Aguas Residuales 32
Figura 1.14. Hoteles Identificados en el Área de Estudio 37
Figura 1.15. Capacidad Máxima de los Hoteles 38
Figura 1.16. Proyección de Población Método de Crecimiento Aritmético. 40
Figura 1.17. Proyección de Población Método de Crecimiento Geométrico. 42
Figura 1.18. Proyección de Población Método de Crecimiento Exponencial. 44
Figura 1.19. Proyección Final de los Métodos de Crecimiento 45
Figura 1.20. Perímetro Sanitario del Sector Norte 47
Figura 1.21. Usos del Suelo 48
Figura 1.22. Estudios Topográficos 55
Figura 1.23. Redes de Alcantarillado del Sector Norte 56
Figura 1.24. Distribución Redes de Alcantarillado por Material 57
Figura 1.25. Distribución Redes de Alcantarillado por Diámetro 58
Figura 1.26. Canal de las Redes de Alcantarillado 60
Figura 1.27. Descargas a la Quebrada El Espinal 62
Figura 1.28. Subsistemas de Alcantarillado 63
Figura 1.29. Empate de los Colectores por Línea de Energía 66
Figura 1.30. Relación Profundidad Velocidad para Regímenes de Flujo en Canales Abiertos 72
Figura 1.31. Distribución Porcentual Capacidad Hidráulica Alcantarillado, Año 2023. 73
Figura 1.32. Capacidad Hidráulica del Sistema de Alcantarillado, Año 2023. 74
Figura 1.33. Distribución Porcentual Velocidades Alcantarillado, Año 2023. 75
Figura 1.34. Velocidades del Sistema de Alcantarillado, Año 2023. 75
Figura 1.35. Distribución Porcentual de Capacidad de Arrastre del Sistema, Año 2023. 76
Figura 1.36. Capacidad de Arrastre del Sistema de Alcantarillado, Año 2023. 77
Figura 1.37. Distribución Porcentual Régimen de Flujo del Sistema, Año 2023. 78
Figura 1.38. Régimen de Flujo del Sistema de Alcantarillado, Año 2023. 78
Figura 1.39. Distribución Porcentual Capacidad Hidráulica Alcantarillado, Año 2048. 79
Figura 1.40. Capacidad Hidráulica del Sistema de Alcantarillado, Año 2048. 80
Figura 1.41. Distribución Porcentual Velocidades Alcantarillado, Año 2048. 81
Figura 1.42. Velocidades del Sistema de Alcantarillado, Año 2048. 81
Figura 1.43. Distribución Porcentual de Capacidad de Arrastre del Sistema, Año 2048. 82
Figura 1.44. Capacidad de Arrastre del Sistema de Alcantarillado, Año 2048. 83
Figura 1.45. Distribución Porcentual Régimen de Flujo del Sistema, Año 2048. 84
Figura 1.46. Régimen de Flujo del Sistema de Alcantarillado, Año 2048. 84

Figura 1.47. Planteamiento General Alternativa 1. 86
Figura 1.48. Planteamiento General Alternativa 2. 88
Figura 1.49. Planteamiento General Alternativa 3. 90
Figura 1.50. Planteamiento General Alternativa 4. 92
Figura 1.51. Esquema General para Evaluación Ambiental 114
Figura 1.52. Esquema General para Evaluación Ambiental 127
Figura 1.53. Evaluación de Vulnerabilidad 135
Figura 1.54. Evaluación General de Alternativas 136

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Información Solicitada
Anexo 2 Información Recibida
Anexo 3 Catastro
Anexo 4 Evaluación Hidráulica
Anexo 5 Estudio de Población
Anexo 6 Estudio Topográfico
Anexo 7 Estudio Hidrológico
Anexo 8 Alternativas
Anexo 9 Evaluación Alternativas
Anexo 10 Planos

INTRODUCCIÓN

El **MUNICIPIO DE EL ESPINAL**, consciente de las necesidades insatisfechas de sus corregimientos a su competencia y en su esfuerzo por implementar y ofrecer condiciones aptas de agua potable y saneamiento básico, ha optado por celebrar el **CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 457-2022** cuyo objeto es **"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL COLECTOR NORTE DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE EL ESPINAL – TOLIMA"** el cual fue adjudicado por medio del **CONCURSO DE MÉRITOS ABIERTO No. 012 DE 2021,** a la firma **INGENIERÍA Y DESARROLLO NACIONAL INALDEX S.A.S.,** identificado con NIT. 901431997-5, Representada Legalmente por el ingeniero José Carlos Vergara Mendoza, Esta decisión estuvo soportada en las condiciones técnico – económicas presentadas, cuyos lineamientos fueron los idóneamente solicitados por el ente encargado para encomendar tales fines.

Por su parte la firma **INGENIERÍA Y DESARROLLO NACIONAL INALDEX S.A.S.,** responsable de sus compromisos y técnicamente capacitada para adelantar los propósitos trazados, ha desarrollado sus labores tendientes a cumplir con las obligaciones planteados y pactados por medio del **CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 457-2022.**

En términos generales, según lo establece el **GOBIERNO MUNICIPAL DE EL ESPINAL,** y en especial en los Alcances y Requerimientos Técnicos, el proyecto se enmarca en los productos detallados a continuación:

- **Producto 1: Diagnóstico y Selección de Alternativa más Viable**
- Producto 2: Estudios y Diseños
- Producto 3: Estructuración MVCT

El presente documento presenta el **Producto 1: Diagnóstico y Selección de Alternativa más Viable** para el municipio de El Espinal, departamento de Tolima.

OBJETIVOS

Diseñar y seleccionar la alternativa más viable para el Colector Norte del Alcantarillado Sanitario en el casco urbano del municipio de El espinal – Tolima.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar la caracterización integral del área de influencia del proyecto.
- Diagnosticar y evaluar de manera integral el Sistema de Alcantarillado existente en el área de estudio.
- Identificar y realizar la evaluación hidráulica de las redes existentes que se encuentran aledañas al Colector Norte que se proyectará.
- Determinar los aportes de aguas residuales que deberá trasportar el Colector Norte.
- Elaborar el estudio topográfico del área de influencia directa de las alternativas de diseño.
- Presentar las alternativas de diseño para el Colector Norte del Sistema de Alcantarillado de El Espinal.
- Evaluar las alternativas planteadas y seleccionar la más viable desde el punto de vista técnico, ambiental, social, económica, predial.

ALCANCE

Para la ejecución del objeto contractual el grupo consultor realiza la entrega de Dos (2) informes orientados a realizar la el diseño del Colector Norte del sistema de Alcantarillado del Municipio de El Espinal.

Para el presente producto se establece como alcance la presentación y evaluación de alternativas para dicho colector, con el fin de seleccionar la alternativa más viable desde el punto de técnico, ambiental, social, económico y predial.

1 DIAGNÓSTICO Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS VIABLE

El presente documento está conformado por Once (11) capítulos cuyo contenido se resume a continuación:

1. Recopilación de la Información Existente: En este capítulo se presenta la solicitud de información a las entidades que directa o indirectamente pueden llegar a contar con información relevante para el desarrollo del objeto contractual del presente proyecto.

2. Caracterización Área de Influencia: En este capítulo se presentan las características más importantes del área objeto de estudio del presente proyecto.

3. Diagnóstico del Sistema de Alcantarillado: En este capítulo se presenta el catastro y diagnóstico del sistema de alcantarillado sanitario del municipio de El Espinal.

4. Catastro Redes Aledañas al Colector: En este capítulo se identifican las redes que se encontrarían dentro del área de influencia directa del Colector Norte.

5. Evaluación Hidráulica Redes Existentes: En este capítulo se presenta la evaluación de las redes identificadas dentro del área de influencia directa del Colector Norte.

6. Estudio de Población y Aportes de Aguas Residuales: En este capítulo se estiman los aportes de aguas residuales que deberán ser recolectados por el colector norte y la población objeto de estudio, así como la metodología utilizada para su proyección, los criterios considerados en el análisis y los resultados obtenidos.

7. Alternativas Trazado Sanitario: En este capítulo se presentan las alternativas planteadas para el trazado del colector norte.

8. Evaluación de Alternativas: En este capítulo se realiza el análisis integral de las alternativas propuestas para el colector norte y se selecciona aquella que resulta ser la más viable para el municipio de El Espinal.

9. Conclusiones: En este capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del diseño y evaluación de las alternativas planteadas para el Colector Norte.

10. Bibliografía: En esta última sección se describen todas las fuentes bibliográficas que fueron consultadas para la elaboración del documento.

1.1 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

La Consultoría, en cumplimiento de sus obligaciones y con el fin de obtener y suministrar información relevante y confiable en el presente documento, solicitó información de interés para el desarrollo de sus actividades a las entidades que se listan a continuación:

- Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de El Espinal E.S.P.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC)
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD)
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT)
- Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA)
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)
- Alcaldía de El Espinal
- Secretaría de Planeación de El Espinal
- Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH)
- Instituto Nacional de Vías (INVIAS)
- Autoridad de Licencias Ambientales (ANLA)

Los oficios mediante los cuales se realizó la solicitud de información pueden ser consultados en el Anexo 1. Información Solicitada, mientras que los comunicados de respuesta emitidos por las entidades consultadas pueden ser revisados en el Anexo 2. Información Recibida.

1.1.1 EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE EL ESPINAL E.S.P. (EAAA EL ESPINAL)

Mediante los oficios IND-CE-C-457-001-2022, IND-CE-C-457-002-2022, IND-CE-C-457-004-2022, IND-CE-C-457-005-2022 y IND-CE-C-457-011-2022, dirigido a la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de El Espinal E.S.P, se solicitó la siguiente información:

- Catastro de redes y estructuras del Sistema de Alcantarillado del municipio (colectores, pozos, tubería de alcantarillado, trampa de grasas, etc).
- Ubicación y estado de las estructuras y redes actuales.
- Planos records en archivo dwg del plan maestro de alcantarillado.
- Planos arquitectónicos del objeto del contrato si las hay.
- Localización espacial de vertimientos puntuales con sus respectivos permisos en el municipio.
- Proyección de ampliación de la malla de servicios de alcantarillado tanto en el casco urbano como en la zona de expansión del municipio.
- Catastro de usuarios del municipio, en donde se identifique:

    - Número total de viviendas.
    - Población atendida con alcantarillado.
    - Número total de suscriptores actuales, desagregando por categoría de usuario, estrato socioeconómico y tipo de servicio.
    - Valor mensual facturado y recaudado para el servicio de alcantarillado.
    - Existencia de manuales de operación y mantenimiento.

- Aportes industriales, comerciales, e institucionales, generados al sistema de alcantarillado.

- Información de los estudios realizados en el municipio, con respecto al sistema de alcantarillado existente tanto urbano como rural, así como los planos correspondientes a estructuras de este, preferiblemente en formato .shp o .dwg.
- Informe de cobertura, funcionamiento, operación, administración y organización actual, para el sistema de alcantarillado en el área de influencia directa del proyecto. Si la hay.
- Planos de estructuras existentes.
- Información y/o estudios previos relacionados con la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio.
- Plan Maestro de Alcantarillado del municipio con la siguiente información:

  - Diagnóstico docx o pdf.
  - Catastro docx o pdf.
  - Simulaciones Hidráulicas en inp.
  - Estudio de Suelos docx o pdf.
  - Estudio Hidrológico docx o pdf.
  - Planos en dwg.
  - Memorias en xls.
  - Certificados de población existente, Flotante y Futura.
  - Certificación de la población flotante de la cabecera de cada municipio.
  - Catastro de redes de alcantarillado existentes.
  - Registros de Macromedición.
  - Aplicación tarifaria de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo.

- Registro mensual facturado y recaudado del servicio de acueducto y alcantarillado (consumos y/o aportes de agua al sistema, discriminados según uso: comercial, industrial, institucional o doméstico).
- Certificado de paz y salgo por concepto de giro de subsidios en favor de (los) prestador (es) de los servicios de acueducto, alcantarillado y/o aseo.
- Registro de quejas y reclamos referentes a la prestación del servicio de alcantarillado en el Municipio.
- Aplicación tarifaria por estrato de los servicios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía, gas natural.
- Plan de Manejo de áreas protegidas.
- Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas.
- Información de Estudios de Amenazas y Riesgos del área de estudio.
- Información de estudios ambientales (incluyendo anexos y planos en formato shape y dwg).
- Lineamientos y trámites de permisos de vertimientos de la zona de estudio.
- Documentos de los procesos de tramites ambientales que esté realizando si las hay.
- Esquema de Ordenamiento Territorial.
- Registro de amenazas por inundaciones y/o vulnerabilidad sísmica en el municipio.
- Objetivos de calidad de las fuentes hídricas superficiales del Municipio.
- Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos PSMV, con sus respectivos anexos (en caso de que exista).
- Plano predial del Municipio o Base de datos digital con información de usuarios.
- Estado de cumplimiento del plan de mejoramiento suscritos por la empresa de Servicios Públicos, con planos de redes existentes y futuras.
- Diagnóstico institucional, legal, administrativo, comercial, financiero, técnico y operativo de la empresa prestadora.
- Registro de quejas y reclamos referentes a la prestación del servicio de alcantarillado en el Municipio.

- Certificado de paz y salvo por concepto de giro de subsidios en favor de (los) prestador (es) de los servicios alcantarillado.
- Densidad habitacional (hab/vivienda) en la cabecera municipal.
- Certificado de población existente según SISBEN.
- Aplicación tarifaria por estrato del servicio de alcantarillado.
- Planes parciales de urbanizaciones que se estén adelantando, se vayan a iniciar o se tengan proyectados.

Mediante los comunicados IND-CR-457-03-2022 del 23 de Marzo del 2022 y IND-CR-457-06-2022 del 28 de Marzo del 2022, la entidad da respuesta a la solicitud de información presentada por la Consultoría mediante los oficios anteriormente citados.

1.1.2 SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC)

Mediante oficio IND-CE-C-457-006-2022, dirigido al Servicio Geológico Colombiano (SGC), se solicitó la siguiente información:

- Estudios y mapas geológicos que se hayan adelantado en el municipio de El Espinal – Tolima.
- Mapas de microzonificación sísmica para el municipio en estudio.
- Mapas de zonificación geotécnica del municipio objeto de estudio.
- Estudios hidrogeológicos de acuíferos del municipio (en caso de que exista).

Mediante el comunicado IND-CR-457-02-2022 del 23 de Marzo del 2022, la entidad da respuesta a la solicitud de información presentada por la Consultoría mediante el oficio anteriormente citado.

1.1.3 INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC)

Mediante oficio IND-CE-C-457-007-2022, dirigido al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) se solicitó la siguiente información:

- Fotografías aéreas recientes y planos escala 1:2000, 1:5000, 1:25000 y 1:50000 del municipio en referencia.
- Información cartográfica existente en cada municipio.

A la fecha no se ha recibido ninguna información o respuesta por parte de esta entidad.

1.1.4 UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES (UNGRD)

Mediante oficio IND-CE-C-457-008-2022, dirigido a la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), se solicitó la siguiente información:

- Estudios de prevención y desastres en el municipio objeto de estudio.
- Información de zonas de amenazas o riesgos identificados en el municipio objeto de estudio.
- Información de riesgos sanitarios en el municipio objeto de estudio.
- Zonas susceptibles de inundación en el municipio objeto de estudio.
- Mapas de zonas de riesgo desarrollados en el municipio objeto de estudio.
- Demás información relevante sobre gestión del riesgo con la que se cuenta para el municipio objeto de estudio.

A la fecha no se ha recibido ninguna información o respuesta por parte de esta entidad.

1.1.5 MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (MVCT)

Mediante oficio IND-CE-C-457-009-2022, dirigido al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT), se solicitó el diagnóstico de los sistemas de alcantarillado realizados por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio MVCT en la zona objeto de estudio

Mediante el comunicado IND-CR-457-05-2022 del 25 de Marzo del 2022, la entidad da respuesta a la solicitud de información presentada por la Consultoría mediante el oficio anteriormente citado.

1.1.6 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL TOLIMA (CORTOLIMA)

Mediante oficio IND-CE-C-457-010-2022, dirigido a la Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA), se solicitó la siguiente información:

- Objetivos de calidad de las fuentes hídricas superficiales del área de estudio.
- Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH del departamento del Tolima.
- Plan de Ordenamiento y manejo de cuencas (en caso de que exista)
- Modelo de calidad del agua a escala regional, desarrollado para el departamento, más específicamente para el municipio objeto de estudio (en caso de que exista)
- Información y datos históricos relacionados con el análisis hidrológico y meteorológico registrado en las estaciones cercanas y de influencia en el área objeto de estudio.
- Permisos de ocupación de cauce y concesiones de agua, si los hay.
- Permisos ambientales adicionales con los cuales se cuente y/o estén en proceso.
- Información de Gestión del Riesgo en la zona objeto de estudio.
- Estudios geológicos, geotécnicos y de suelos que se hayan adelantado en el área de estudio.
- Plan de Saneamiento y manejo de vertimientos PSMV del municipio con sus respectivos anexos (en caso de que exista)
- Permisos de vertimiento de aguas residuales en el municipio, si los hay.
- Análisis de calidad de agua de las fuentes.
- Permisos ambientales adicionales con los cuales se cuente y/o estén en proceso.
- Registros desde el año 2010 a la fecha actual de los análisis de calidad del agua desarrollados a las fuentes receptoras de los vertimientos generados por el municipio en gestión.

A la fecha no se ha recibido ninguna información o respuesta por parte de esta entidad.

1.1.7 INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM)

Mediante oficio IND-CE-C-457-012-2022, dirigido al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), se solicitó la siguiente información y datos históricos relacionados con el análisis hidrológico y meteorológico registrado en las estaciones cercanas y de influencia en el área correspondiente al municipio en referencia, donde se incluye lo siguiente:

- Precipitación diaria
- Temperatura seca media
- Temperatura seca máxima
- Temperatura mínima diaria

- Brillo solar diario
- Evapotranspiración diaria

Mediante el comunicado IND-CR-457-08-2022 del 31 de Marzo del 2022, la entidad da respuesta a la solicitud de información presentada por la Consultoría mediante el oficio anteriormente citado.

1.1.8 ALCALDÍA MUNICIPAL DE EL ESPINAL

Mediante oficio IND-CE-C-457-016-2022, dirigido a la Alcaldía Municipal de El Espinal, se solicitó la siguiente información:

- Información de los estudios realizados en el municipio, con respecto a los sistemas de alcantarillado existentes en el casco urbano, así como los planos record correspondientes a estructuras del mismo, preferiblemente en formato .shp o .dwg.
- Plan Maestro del Sistema de Alcantarillado de cada zona objeto de estudio.
- Informe de cobertura, funcionamiento, operación, administración y organización actual, para el sistema de alcantarillado en el área de influencia directa del proyecto. Si la hay.
- Proyectos, planes o programas de Acueducto y Alcantarillado de la zona del proyecto.
- Caracterizaciones de calidad de agua en caso de que los haya.
- Índice de Riesgo de la Calidad del agua para consumo humano, IRCA de las fuentes de abastecimiento actuales del municipio (Si se cuenta con el).
- Esquema, Plan Básico o Plan de Ordenamiento Territorial, incluyendo su cartografía en medio digital.
- Plano catastral o predial del municipio con la última actualización del IGAC o Número de viviendas del área de influencia directa del proyecto, Si las hay.
- Certificación de población existente y flotante en el municipio.
- Plan de Desarrollo Municipal con sus respectivos anexos.
- Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas.
- Sistema Local de Áreas Protegidas (en caso de que exista).
- Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua de cada sistema.
- Catastro del Sistema de Alcantarillado.
- Información acerca de zonas de recarga de acuíferos en la zona del proyecto, Si las hay.
- Estudios y permisos ambientales de vulnerabilidad y riesgo.
- Estudios Geológicos y Geotécnicos.
- Estudios de Sismología.
- Información correspondiente a zonas de expansión, usos del suelo y zonas de riesgo o amenaza.
- Fotografías aéreas recientes de la zona de estudio.
- Información y datos históricos relacionados con el análisis hidrológico y meteorológico registrado en las estaciones cercanas y de influencia en el área correspondiente al municipio.
- Manuales de operación y mantenimiento de las estructuras existentes del sistema de alcantarillado.
- Plan vial local vigente.
- Planes de Acción (inversiones presupuestales y tipo de empresa).
- Información sobre la existencia de establecimientos de salud.
- Estadísticas de Natalidad y Mortalidad.
- Censos realizados por el SISBEN.
- Minorías étnicas, población vulnerable, estratificación socioeconómica.

- Información de los proyectos que se están realizando en la zona de estudio.
- Listado de precios oficiales manejados por la localidad, con el fin de realizar la actualización de los presupuestos del proyecto en referencia.
- Información relacionada con canteras más cercanas a la zona del proyecto.
- Certificado de paz y salvo por concepto de giro de subsidios en favor de (los) prestador (es) de los servicios de acueducto, alcantarillado y/o aseo.

A la fecha no se ha recibido ninguna información o respuesta por parte de esta entidad.

1.1.9 SECRETARÍA DE PLANEACIÓN DE EL ESPINAL

Mediante oficio IND-CE-C-457-017-2022, dirigido a la Secretaría de Planeación de El Espinal, se solicitó la siguiente información:

- Planes, programas o proyectos de desarrollo y ordenamiento, que se ubiquen sobre el sector de estudio del Municipio de El Espinal, Departamento del Tolima.

A la fecha no se ha recibido ninguna información o respuesta por parte de esta entidad.

1.1.10 INSTITUTO COLOMBIANO DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA (ICANH)

Mediante oficio IND-CE-C-457-018-2022, dirigido al Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH), se solicitó que por favor indicarán si en la zona de estudio del proyecto, El Espinal, existen sitios arqueológicos declarados como bienes de interés cultural, por los cuales se deba considerar un Plan de Manejo Arqueológico; así como el certificado donde se indicará, en caso de no existir ningún sitio arqueológico, la no afectación del patrimonio arqueológico.

Mediante el comunicado IND-CR-457-10-2022 del 7 de Abril del 2022, la entidad da respuesta a la solicitud de información presentada por la Consultoría mediante el oficio anteriormente citado.

1.1.11 INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS)

Mediante oficio IND-CE-C-457-019-2022, dirigido al Instituto Nacional de Vías (INVIAS) , se solicitó la siguiente información:

- Ubicación de cualquier tipo de obras proyectadas (futuras), con sus respectivas especificaciones, y fecha estimada de construcción.
- Información de proyectos realizados en los últimos 5 años en los sectores del área de influencia del proyecto.
- Programas de pavimentación y/o mantenimiento en el corredor descrito.
- Información sobre trámites y permiso requeridos para la intervención de áreas puntuales en el área de influencia del proyecto.
- Información de vías vedadas o pólizas vigentes en el área de influencia del proyecto (planos y/o archivos formato shape).
- Personal de contacto para inquietudes técnicas y/o administrativas.

A la fecha no se ha recibido ninguna información o respuesta por parte de esta entidad.

1.1.12 AUTORIDAD DE LICENCIAS AMBIENTALES (ANLA)

Mediante oficio IND-CE-C-457-020-2022, dirigido a la Autoridad de Licencias Ambientales (ANLA), se solicitó la siguiente información:

- Plan de Manejo de Áreas Protegidas.
- Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas.
- Información de Estudios de Amenazas y Riesgos del área de estudio.
- Información de Estudios Ambientales (incluyendo los anexos y planos en formato shape y dwg).
- Lineamientos y trámites de permisos ambientales de la zona de estudio.
- Información general que se tenga y sea de ayuda para los estudios que se están realizando a favor del prestador de los servicios de acueducto, alcantarillado y/o aseo.

Mediante el comunicado IND-CR-457-11-2022 del 7 de Abril del 2022, la entidad da respuesta a la solicitud de información presentada por la Consultoría mediante el oficio anteriormente citado.

1.1.13 INFORMACIÓN RECIBIDA

A continuación, se presenta un resumen de la información recibida a la fecha por parte de las entidades consultadas y que permitió realizar la caracterización del municipio dl Espinal y su sistema de alcantarillado. Para ver en detalle los documentos descritos en la siguiente tabla, dirigirse al Anexo 2 Información Recibida.

FECHA	ENTIDAD	INFORMACIÓN RECIBIDA
17/03/2022	La UNGRD	Identificación escenarios de riesgo. Análisis y evaluación del riesgo. Monitoreo y seguimiento del riesgo. Comunicación del riesgo. Análisis específicos de riesgo y planes de contingencia.
23/03//2022	El SGC	Palabras clave y url de acceso y descarga en formatos nativos, pdf y de visualización de recursos de información disponibles.
23/03//2022 28/03/2022	EAAA de El Espinal	Catastro de redes de alcantarillado. Localización espacial de vertimientos puntuales con sus respectivos permisos en el municipio. Volumen de consumo y vertimientos desagregando por categoría de usuario y estrato socioeconómico. También suministran información del número de suscriptores registrados en el año 2021 y los volúmenes consumidos y de aguas residuales facturados. Certificado de paz y salvo por concepto de giro de subsidios. Registros de quejas y reclamos referentes al servicio de alcantarillados. Aplicación tarifaria por estrato de los servicios de acueducto y alcantarillado. Catastro de las redes de distribución de agua potable (diámetros y longitudes). Las áreas en km^2 en las cuales se presta el servicio de acueducto y alcantarillado.

FECHA	ENTIDAD	INFORMACIÓN RECIBIDA
		El estado de cumplimiento del plan de mejoramiento y el Plan de Mejoramiento de la empresa de Servicios Públicos.
25/03//2022	MVCT	Informa que, al estar fuera de su competencia, la entidad Trastada la solicitud a la Alcaldía del Municipio de El Espinal.
31/03/2022	IDEAM	Registros diarios y horarios de las siguientes variables: Brillo solar, Evaporación, humedad Relativa, Precipitación y Temperatura.
07/04/2022	ICANH	Indica que por el Decreto 138 de 2019 y la Resolución 1337 del 04 de Octubre de 2021, todo el territorio nacional se considera como un área de potencial riqueza en materia de patrimonio arqueológico.
07/04/2022	ANLA	Informa que traslada la Solicitud a CORTOLIMA.

Tabla 1.1. Información Recibida

Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.2 CARACTERIZACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA

En este capítulo se realiza la descripción y caracterización del área de estudio, presentando información sobre los siguientes componentes:

- Generalidades
- Características Físicas
- Características Socioeconómicas

Cada uno de los aspectos será descrito a continuación con el fin de exponer detalladamente las condiciones actuales del área de estudio.

1.2.1 GENERALIDADES

En este capítulo se presentará información general del área de influencia del proyecto, específicamente se presentará la siguiente información:

- Localización del Área de Estudio
- División Político-Administrativa
- Vías de Acceso

A continuación, se realizará la descripción de cada uno de los componentes listados anteriormente.

1.2.1.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Municipio de El Espinal, se localiza en el departamento del Tolima; cuenta con una extensión aproximada de 231 km^2, área que de acuerdo con su Plan de Desarrollo 2020 - 2023 (Alcaldía de El Espinal, 2020) se distribuye en 4.36% área urbana y 95.64% área rural una altitud de 323 m.s.n.m. que favorece la existencia de un clima tropical monzónico. A continuación, se presenta la localización geográfica del Municipio de El Espinal.

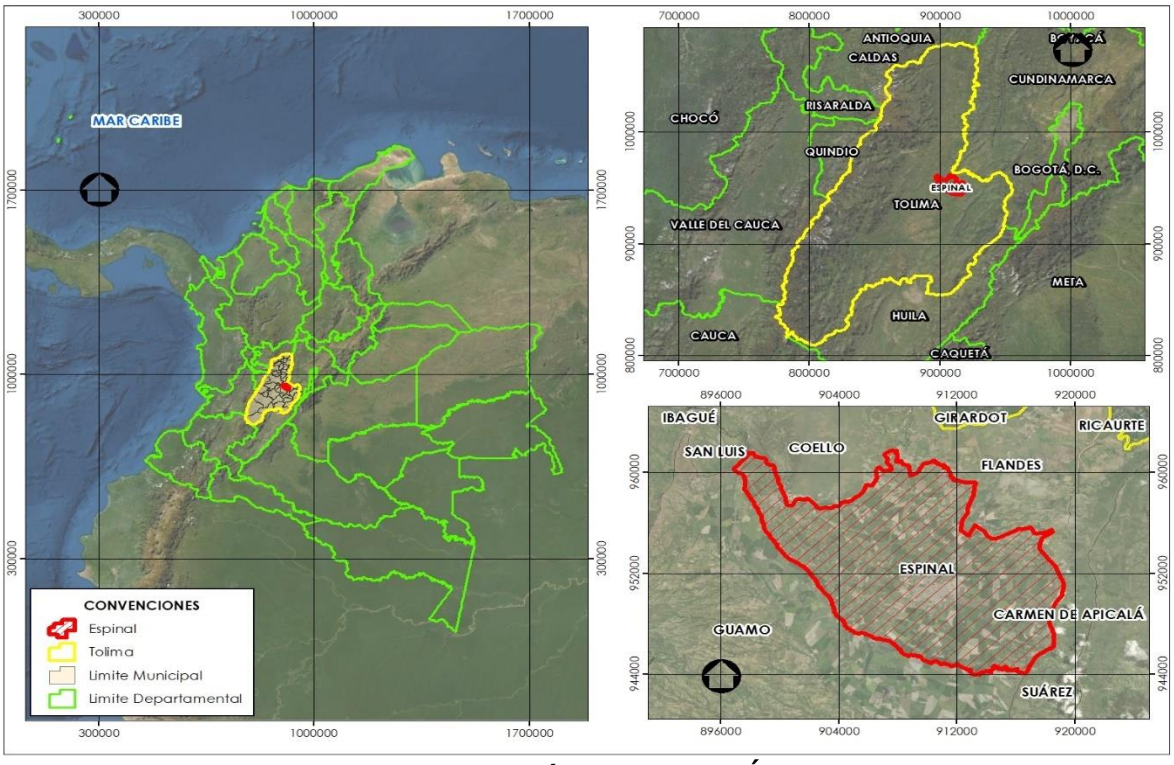


Figura 1.1. Localización General del Área de Estudio
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Como se observa en la figura anterior el municipio limita por el norte con los municipios de Coello y Flandes, al oriente con el municipio de Suárez, al sur con el municipio de El Guamo y al occidente con el municipio de San Luis.

1.2.1.2 DIVISIÓN POLÍTICO-ADMINISTRATIVA

El municipio de El Espinal se entra dividido en área urbana y área rural; el área urbana la conforman un total de Cuatro (4) comunas en las cuales se distribuyen un total de 79 barrios. En cuanto al área rural, esta se encuentra distribuida en Seis (6) corregimientos, compuestos por un total de Veintiséis (26) veredas.

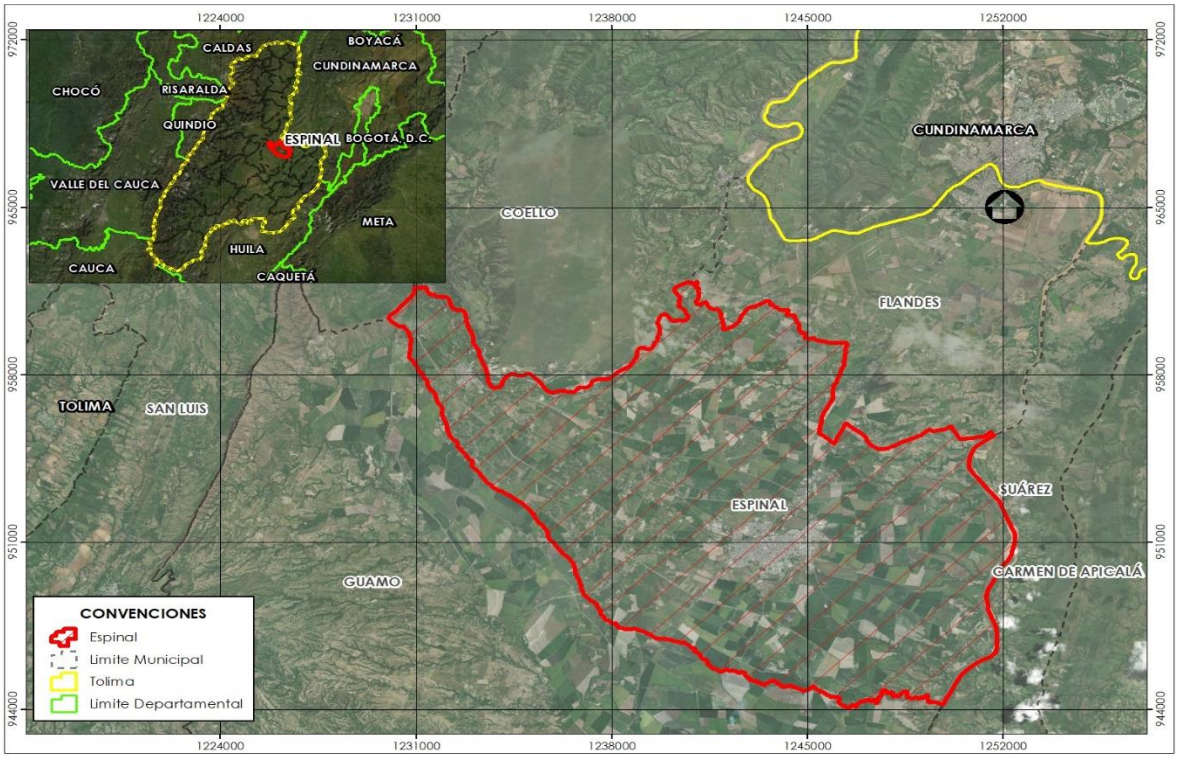


Figura 1.2. Localización Municipio de El Espinal
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.2.1.3 VÍAS DE ACCESO

Las vías intermunicipales están diseñadas en promedio para velocidades de 80 km/h, en pavimento flexible de buenas especificaciones y rodamiento, El Espinal tiene Cuatro (4) vías de acceso, la primera es Ibagué – El Espinal, El Guamo – Neiva, El Espinal - Coello y la última El Espinal – Bogotá.

Dentro de la cabecera urbana del municipio de El Espinal se cuenta con vías en rasante de pavimento flexible, rígido, articulado o afirmado, en el sector rural las vías están construidas en su mayoría en afirmado.

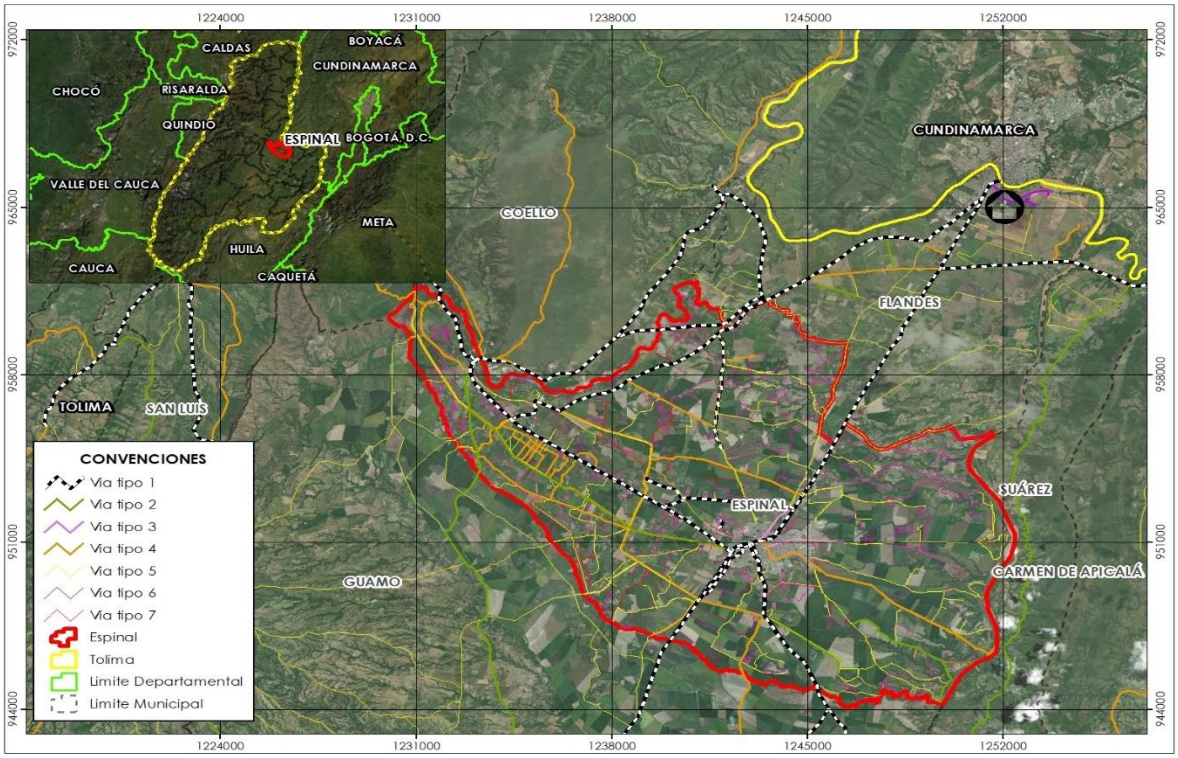


Figura 1.3. Vías de Acceso a El Espinal
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.2.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICA

A continuación, se realiza la descripción del medio físico del Municipio de El Espinal, en el cual se describen las siguientes características:

- Topografía
- Geología y Geomorfología
- Usos del Suelo
- Hidrología
- Hidrogeología
- Climatología
- Amenazas y riesgos

A continuación, se realizará la descripción de cada uno de los componentes listados anteriormente.

1.2.2.1 TOPOGRAFÍA

Según la secretaria de planeación del municipio, el área a la que corresponde el municipio es ligeramente ondulada, con una altitud del casco urbano de 323 m.s.n.m., aunque posee alturas significativas como el Cerro Carrasposo a 650 m.s.n.m., el Cerro de la Cruz a 400 m.s.n.m. y el Cerro Cacique Dormido con más de 1 500 m.s.n.m. (Alcaldía de El Espinal, 2020).

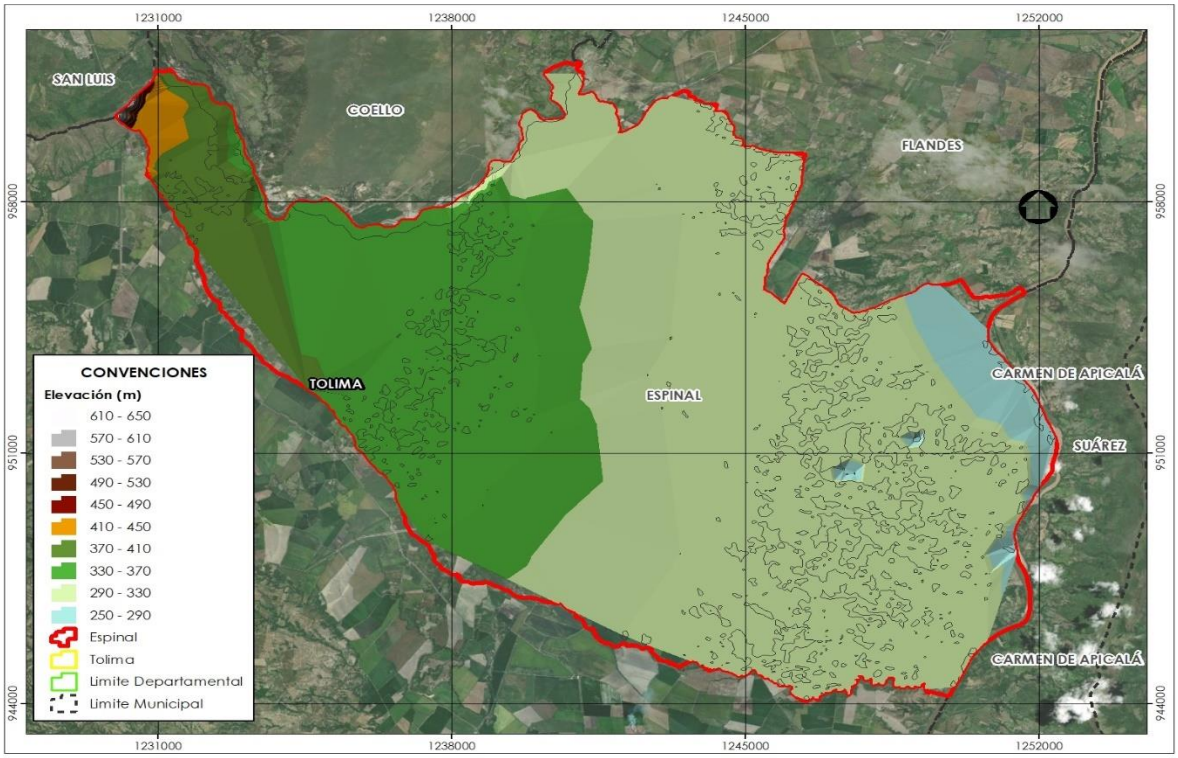


Figura 1.4. Topografía - Municipio de El Espinal
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.2.2.2 USOS DEL SUELO

La información que será presentada en este capítulo para hacer el análisis del uso del suelo en el municipio de El Espinal fue recopilada del IGAC, según dicha información, entre los usos del suelo identificados se encuentra el de vivienda, comercio, industria, recreación, institucional, cultural, servicios comunitarios, Los cuales serán descritos a continuación:

- **VIVIENDA**: En el centro de la ciudad se presenta un bajo índice de ocupación de uso residencial el cual se mezcla con el comercio, además el asentamiento de las viviendas se ha organizado de acuerdo con la estratificación establecida.

- **COMERCIO:** presenta una distribución dispersa, sin embargo, los siguientes lugares se identifican como los de mayor concentración comercial:

  - Carrera 4 en toda su extensión
  - Las Carreras 5 y 6 entre calles 5 y 11
  - La Carrera 7 entre calles 8 y 11
  - Las Calles 9 y 10 desde la Carrera 4 hasta la Plaza Caballero y Góngora.
  - La plaza de mercado la concordia que es privada, funciona principalmente entre semana, generando gran movimiento comercial y congestión. El fin de semana el comercio más importante se desarrolla en la plaza de mercado Caballero y Góngora y zonas aledañas.
  - En el centro de la ciudad se da saturación de todo tipo de comercio.

- **INDUSTRIA**: en el sector rural se encuentran industrias extractivas como de transformación, mientras que el área urbana únicamente se encuentran industrias de

transformación con dos zonas claramente definidas una en el extremo noroccidental y otra en el extremo nororiental.

- **RECREACIÓN**: Entre los espacios de recreación se identifica aquellos de uso múltiple, socialización y recreación múltiple, entre los que se encuentran la Villa Olímpica, el parque Bolívar, el estadio, entre otros. La infraestructura presenta un alto grado de deterioro y de acuerdo con el plano municipal se encuentra un alto déficit de estas áreas.

- **INSTITUCIONAL:** Entre los espacios institucionales se identifican el administrativo, religiosos, educativo, abastecimiento, hospitalario y de transporte; los cuales se encuentras relativamente ordenados dentro del área urbana.

Dentro del área no urbanizables del casco urbano se identifican: el polígono industrial, la quebrada Espinal y canales de riego, franjas paralelas de las vías V-0 y el corredor férreo.; en cambio dentro de las áreas urbanizables se encuentran las zonas suburbanas.

En relación con el área de interés para el presente proyecto, el documento identifica que para la Comuna 4, hay incompatibilidad de usos del área educativa con la zona industrial por el alto impacto ambiental y la falta de implementación de mecanismos de control de contaminación, así mismo, pero en menor proporción, las zonas de bodegaje e industrial de Coltabaco con las viviendas de Balkanes y Betania.

1.2.2.3 GEOLOGÍA

El valle del río Magdalena presenta dos sistemas de fallas importantes; hacia el costado Oriental se pueden detectar los sistemas de las fallas de Suarez y más al Norte las que corresponden principalmente a la Falla de Salinas.

En este orden de ideas el valle del río Magdalena corresponde a una fosa dentro del orógeno en donde los ambientes de depositación fueron principalmente vulcanitas básicas y también una depositación de ambiente marino conocido como flysch donde se depositaron materiales como lutitas los cuales corresponde a la Formación de Caballos y Villeta principalmente y otras unidades del Cretácico las cuales presentan una mayor extensión en la zona de la cuenca en estudio, en la parte inferior de la cordillera Central. En esta gran cuenca posteriormente se depositaron materiales continentales conocidos como molasas en donde se destacan las Formaciones Honda y Gualanday las cuales están aflorando en la zona en estudio.

Para la cuenca del Río Luisa y otros directos al Magdalena, a la cual pertenece el municipio de El Espinal, los materiales más representativos se encuentran posteriormente afectados por fenómenos de erosión que generaron una serie de abanicos coalescentes tales como el abanico del Guamo y el Espinal y son una consecuencia de desarrollos de diferentes eventos volcánicos que se formaron en el Plioceno y Holoceno destacándose focos como el Machín, el cual generó el abanico del Espinal en tanto que el sistema de abanicos de Guamo que hace parte de la prolongación del abanico de Ibagué corresponde a ambientes erosivos y que posteriormente fueron depositados en donde coexisten materiales ígneos intrusivos y metamórficos, transportando cantos rodados, gravas y arenas. Se destaca que estos abanicos han presentado diferentes grados de depositación de sedimentos y es así como el abanico de El Espinal se desarrolló después de un periodo (varias decenas de años), en donde hubo un suelo con vegetación que generó suelos de

origen orgánico los cuales quedan sepultados bajo los depósitos volcánicos del abanico de El Espinal.

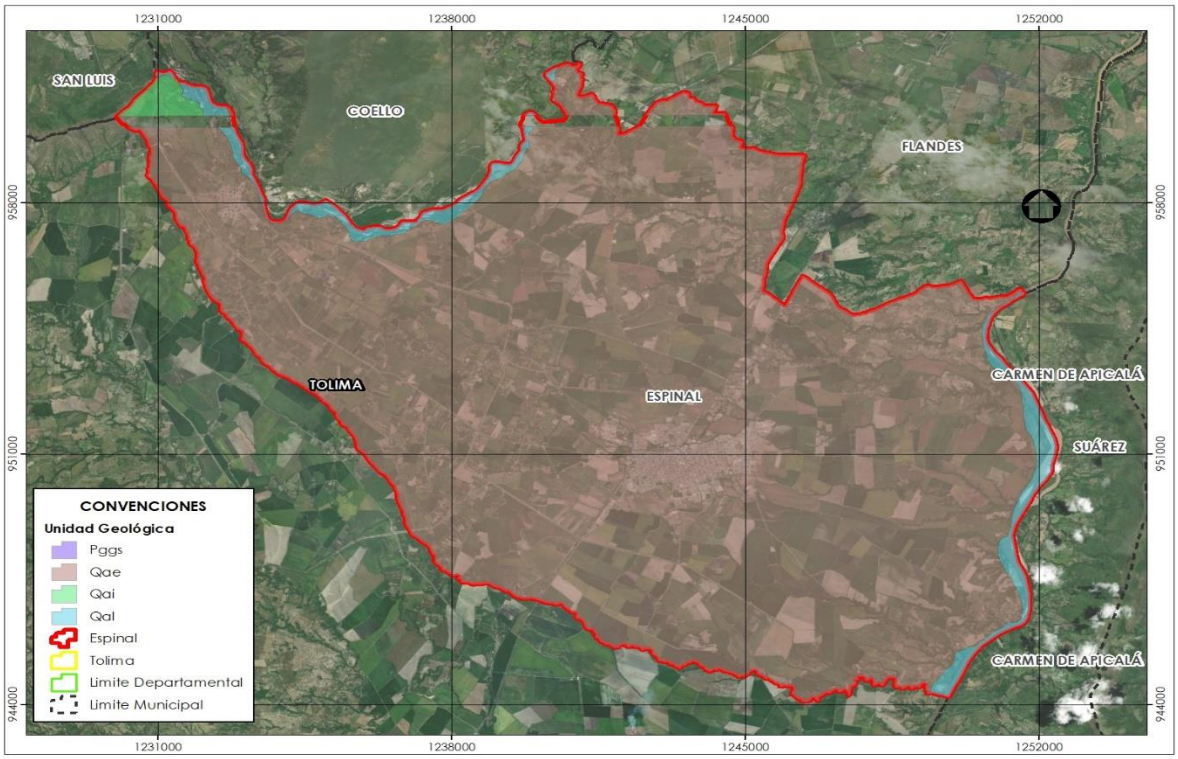


Figura 1.5. Geología - Municipio de El Espinal
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.2.2.4 GEOMORFOLOGÍA Y MORFOLOGÍA

En el municipio de El Espinal se encuentras las geoformas originadas como resultado de la actividad volcánica, la cual incluye erupciones explosivas y/o efusivas, además de aquellas geoformas generadas por acumulación de la remoción de productos volcánicos. La actividad volcánica se debe a la acción de procesos endógenos, los cuales ocurren en el interior de la corteza terrestre y dependen de las fuerzas internas de La Tierra. Abarca un 57.16 % del área total de la cuenca en estudio.

Como se observa en la figura que se presenta a continuación, en el municipio predominan las geoformas de **Flujo piroclástico aterrazado (Vfp)** las cuales consisten en un lóbulo alomado de aspecto tabular y plano a suavemente inclinado (2° - 3°), con escarpes de diferente altura. Localmente se localiza paralelo a los ríos con los que limita, o conformando un abanico. Su génesis está asociada a la acumulación de productos de flujos piroclásticos que van quedando elevados conforme la corriente hídrica va erosionando y recobrando su cauce

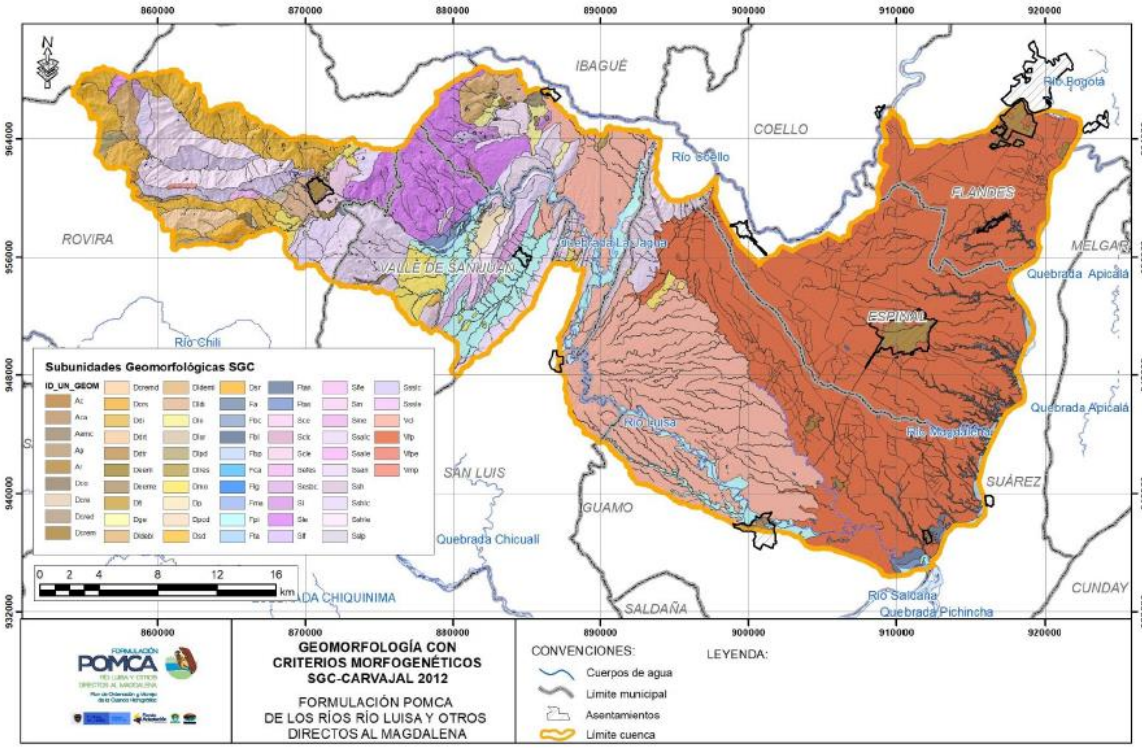


Figura 1.6. Geomorfología Cuenca Río Luisa y Otros Directos al Magdalena
Fuente. CORTOLIMA, s.f

Adicionalmente y de acuerdo con la información del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del municipio de El Espinal, en la morfología urbana del municipio se identifican Tres (3) grandes zonas con las siguientes características:

- **ZONA SUR ORIENTAL:** En esta zona se encuentran los nuevos desarrollos se caracterizan por su crecimiento desordenado, en el cual el principal uso son las viviendas de interés social. De igual forma esta zona presenta déficit de espacio público y mayor densidad de construcción.

- **ZONA CENTRAL:** Se caracteriza por presentar un orden reticular de manzanas cuadradas, en donde se presentan diferentes tipos de usos y diferentes tipologías de viviendas.

- **ZONA NORTE:** La tipología de manzanas de estas zonas está determinada por ejes viales y en algunas medidas por la retícula tradicional de la zona central. En estas zonas se presentan usos mixtos (vivienda, industrial) y es notorio el déficit de equipamiento urbano.

1.2.2.5 HIDROLOGÍA

El municipio de El Espinal pertenece a las cuencas hidrográficas de los ríos Coello, del cual se abastecen los acueductos de El Espinal y el centro poblado de Chicoral, y del río Luisa y otros directos al Magdalena.

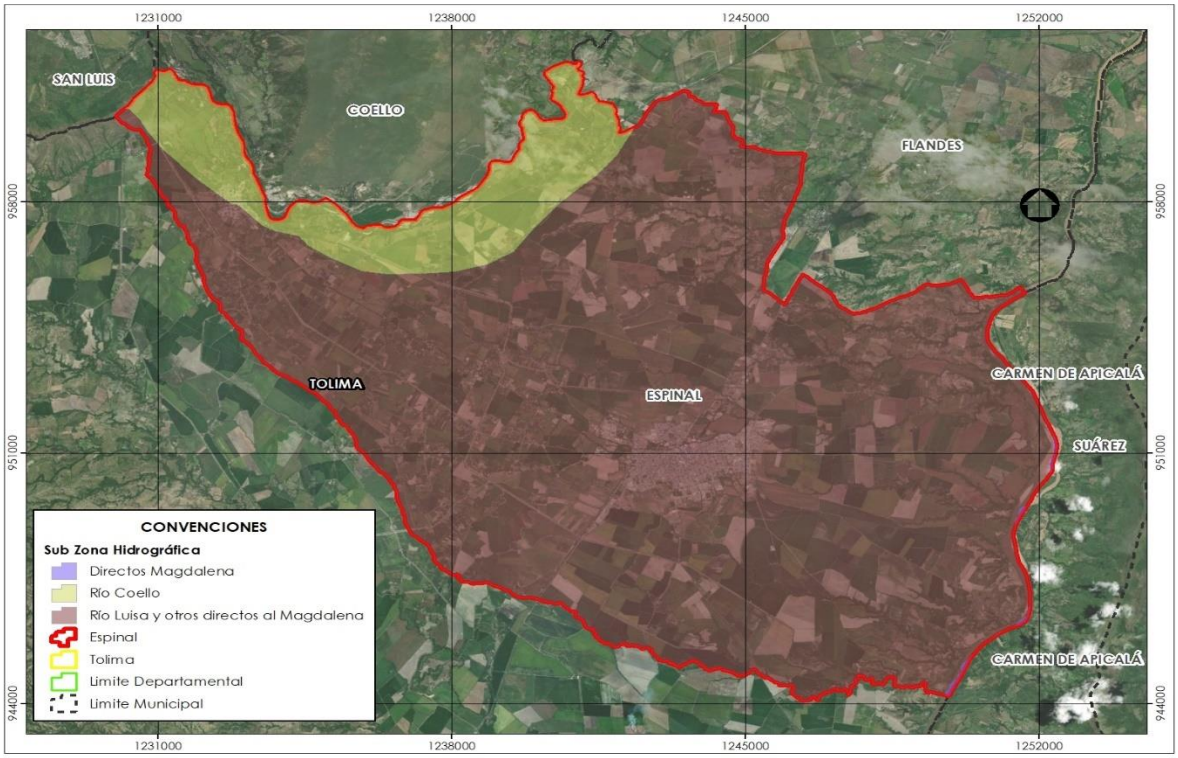


Figura 1.7. Cuencas Hidrográficas - Municipio de El Espinal
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Es necesario mencionar que la mayor parte del municipio se encuentra dentro de la cuenca del río Luisa y otros directos al río Magdalena; mientras que las veredas: Agua Blanca Baja, La Joya, Las delicias, Rincón de San Francisco, San Francisco Sector Centro y el Centro Poblado Chicoral, ubicadas al norte del municipio, pertenecen y representan el 1.05% de la cuenca del río Coello. Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado a continuación se realizará la descripción de la cuenca del río Luisa y otros directos al Magdalena con base a la información consignada en el POMCA de esta cuenca.

A nivel Nacional la Cuenca del Río Luisa y Otros Directos al Magdalena, se encuentra localizada en el departamento del Tolima, el cual se encuentra situado en la parte Centro – Occidental del país. La cuenca limita con los municipios de Ibagué y Coello por el Norte, con el departamento de Cundinamarca y municipio de Suarez por el Oriente, con el municipio de Ortega y Saldaña por el Sur, y con el municipio de Ibagué y Roncesvalles al Occidente. A nivel regional la cuenca está conformada por seis municipios del sur del departamento: Espinal, Guamo, Flandes, San Luis, Valle de San Juan y Rovira.

Esta cuenca pertenece al área hidrográfica Magdalena – Cauca (2), dentro de la zona hidrográfica de la macrocuenca Alto Magdalena (1), subzona hidrográfica 18, la cual a su vez, se encuentra conformada por los siguientes drenajes: río Luisa, la quebrada Montalvo, los directos al Magdalena sector Flandes, los directos al Magdalena sector La Chamba, la quebrada Eneal, la quebrada San Bonifacio, la quebrada Guayabal, la quebrada Agua Sucia, directos al Magdalena, directos al Magdalena sector Mónica, quebrada La Chamba Grande, quebrada Coyarcosa y quebrada Santa Ana.

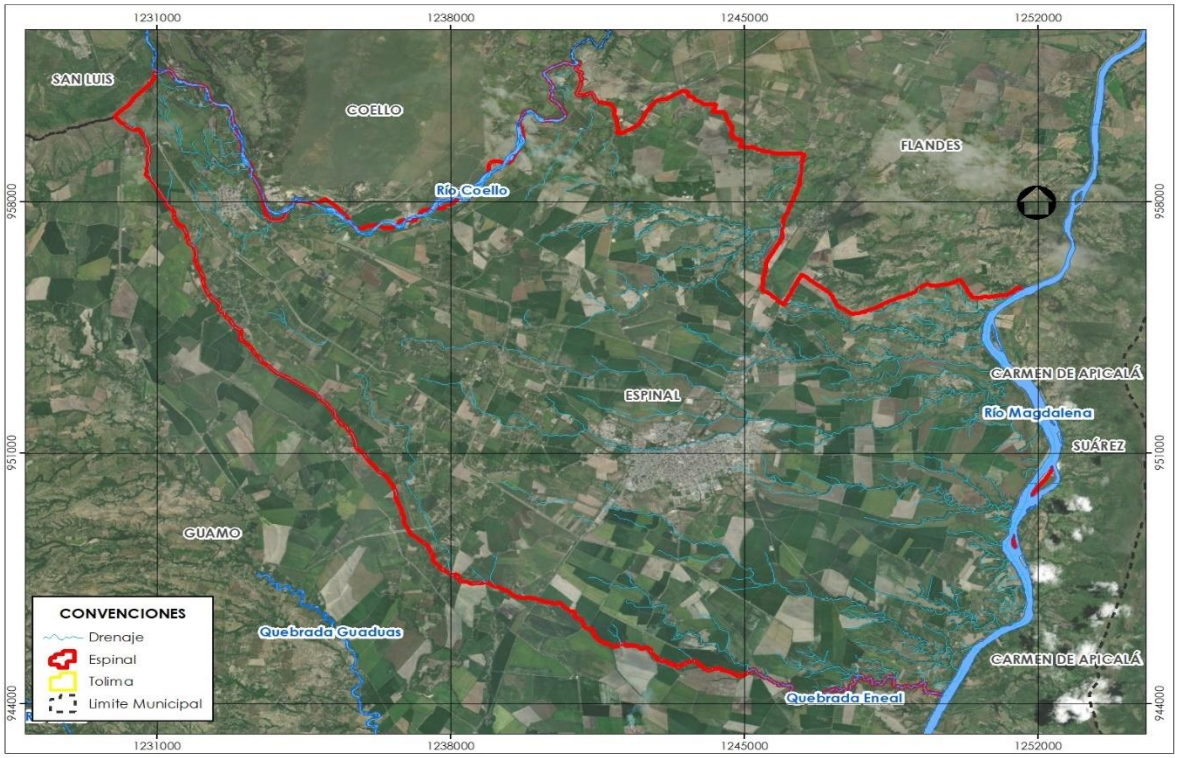


Figura 1.8. Hidrografía - Municipio de El Espinal
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

La cuenca del río Luisa y otros directos al Magdalena presenta una extensión total de 108,181.01 hectáreas y su drenaje principal es el río Luisa. Dentro del del municipio algunos cuerpos de agua como lo son; Quebrada Espinal, la Chonta, Agua Sucia, el Aceituno, Talura y Guayabal, el rio Coello y Magdalena siendo estos los de mayor relevancia e importancia, siendo claros que, aunque existen más cuerpos de aguas estos son de menor importancia (Alcaldía de El Espinal, 2020). Además, de acuerdo con el ENA 2014 realizado por el IDEAM, la zona de estudio presenta una vulnerabilidad por disponibilidad de agua moderada, con un índice de escases de hasta un 10%.

1.2.2.6 HIDROGEOLOGÍA

De acuerdo con el POMCA del río Luisa y otros directos al Magdalena, en esta zona se observa un alto potencial hidrogeológico debido al gran número de estructuras geológicas presentes, lo que favorece la formación de permeabilidad secundaria por fracturamiento en las rocas aflorantes en el área.

Dentro de la cuenca los depósitos de abanicos (Abanico del Guamo y Abanico del Espinal) constituyen las unidades geológicas más aptas para el flujo y el almacenamiento de agua, ya que la heterogeneidad de los materiales que lo componen, su gran extensión y la estratigrafía de la zona, propician la formación de acuíferos libres de recarga directa.

El **Abanico del Espinal (Qae):** Es un depósito de flujo de lodos volcánicos que ingresó al valle del río Magdalena por la localidad de Gualanday, con los flujos que lograron superar la barrera que lleva su mismo nombre, de composición mayoritariamente volcánica, con clastos heterométricos (< a 40 cm), angulares de composición volcánica (pumitas e

ignimbritas) con algunas otras rocas ígneas intrusivas. También se observaron algunos clastos tabulares de rocas

Los depósitos del Abanico del Espinal, según la nomenclatura propuesta por el IDEAM (2010), la cual se basa en la extensión, porosidad de la unidad y características de permeabilidad asociadas de cada tipo de acuífero, son de Tipo I, es decir, acuíferos en los cuales la porosidad principal es intergranular; pertenecientes a la Unidad I1; que se caracterizan por ser extensivos y altamente productivos conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial y lacustre que dan lugar a acuíferos libres a semiconfinados.

Se identifica que la recarga de los sistemas acuíferos del Abanico del Espinal se da en menor proporción por recarga directa por precipitación y en mayor proporción por transferencia a partir de formaciones de tránsito ubicadas en la parte alta. Además este sistema de acuíferos, junto con los abanicos del Guamo, son las unidades de mayor importancia hidrogeológica dentro de la cuenca al presentar acuíferos continuos de extensión regional; depositados en ambientes fluviales y fluviovolcánicos principalmente, conformados por sedimentos poco consolidados que desarrollan acuíferos de tipo libre a semiconfinados de recarga directa, almacenando aguas recomendables para cualquier uso, con alta capacidad productividad y capacidad especifica entre 2.0 y 5.0 l/s/m INGEOMINAS (2000).

Espacialmente presenta un gradiente de precipitación con valores de 1575 mm/año en la parte media de la cuenca (ápices y zonas de recarga por flujos regionales) descendiendo a las zonas de descarga cerca del valle del río magdalena a 1440 mm/año.

1.2.2.7 CLIMATOLOGÍA

La cuenca del río Luisa y otros directos al Magdalena, la cual pertenece al municipio de El Espinal, se caracteriza por contar con una amplia variedad de pisos térmicos los cuales van desde el cálido semiárido, en el costado oriental de la cuenca, pasando desde Templado Semihúmedo a Templado Húmedo, y finalizando en Páramo Bajo, al dirigirnos hacia el occidente de la cuenca y como resultado del incremento en la humedad del ambiente (CORTOLIMA).

De acuerdo con el Atlas climatológico del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el municipio de El Espinal presenta una temperatura media anual superior a los 28°C y una precipitación entre los 1000 y 2000 mm.. El clima del municipio es cálido donde las temporadas más secas del año se presentan entre los meses de enero a febrero y de julio a agosto (Alcaldía de El Espinal, 2020).

1.2.2.8 AMENAZAS Y RIESGOS

De acuerdo con la información entregada por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), en el municipio de El Espinal, Tolima, entre el Quince (15) de Noviembre de 1941 y el Treinta y Uno (31) de Diciembre de 2021 se registraron 150 eventos de emergencia. En la siguiente figura se presenta el número total de eventos presentados por los Cinco (5) principales fenómenos de emergencia registrados en el municipio.

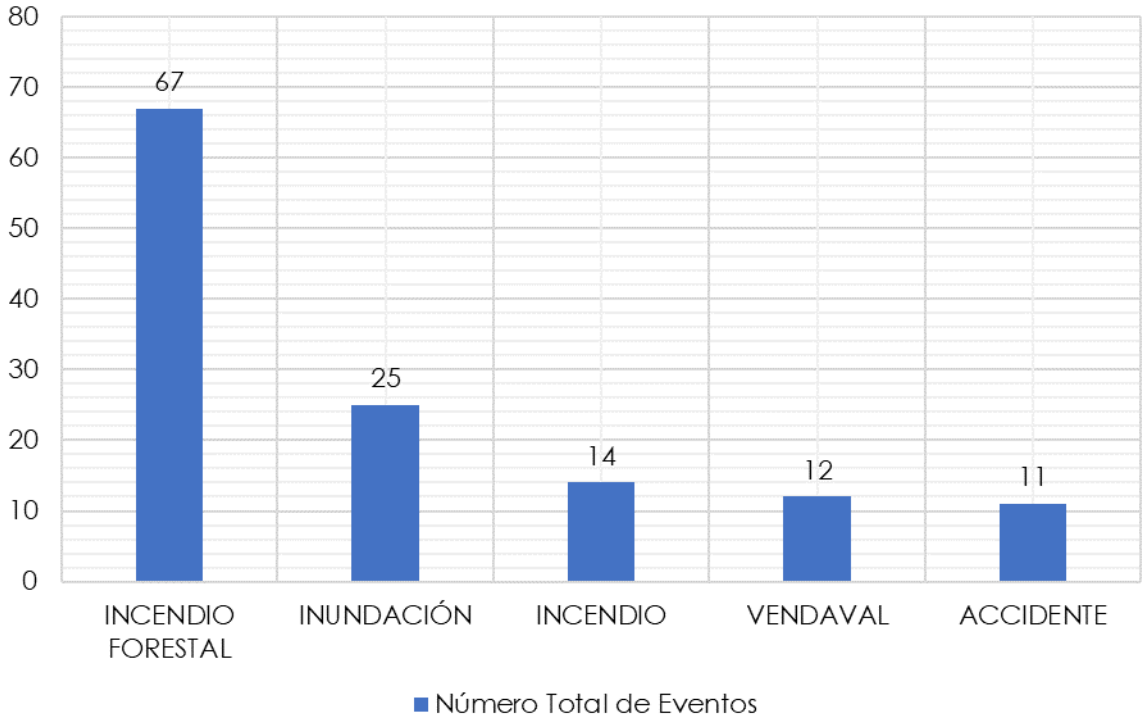


Figura 1.9. Eventos de los Cinco (5) Principales Fenómenos Presentados en El Espinal
Fuente. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), 2022

Como se aprecia en el gráfico anterior, el evento que más se presenta en el municipio de El Espinal son los incendios forestales, seguido de las inundaciones, los incendios, vendavales y accidentes.

De los eventos presentados, se identifica que los vendavales son el fenómeno que más afectaciones ha producido a las viviendas del municipio, presentándose Dieciséis (16) destruidas y Doscientas Ochenta (280) averiadas; sin embargo, los accidentes han sido los eventos que han ocasionado la mayor pérdida de vidas humanas, registrando el deceso Veintiún (21) personas. Lo anterior se evidencia en la siguiente figura:

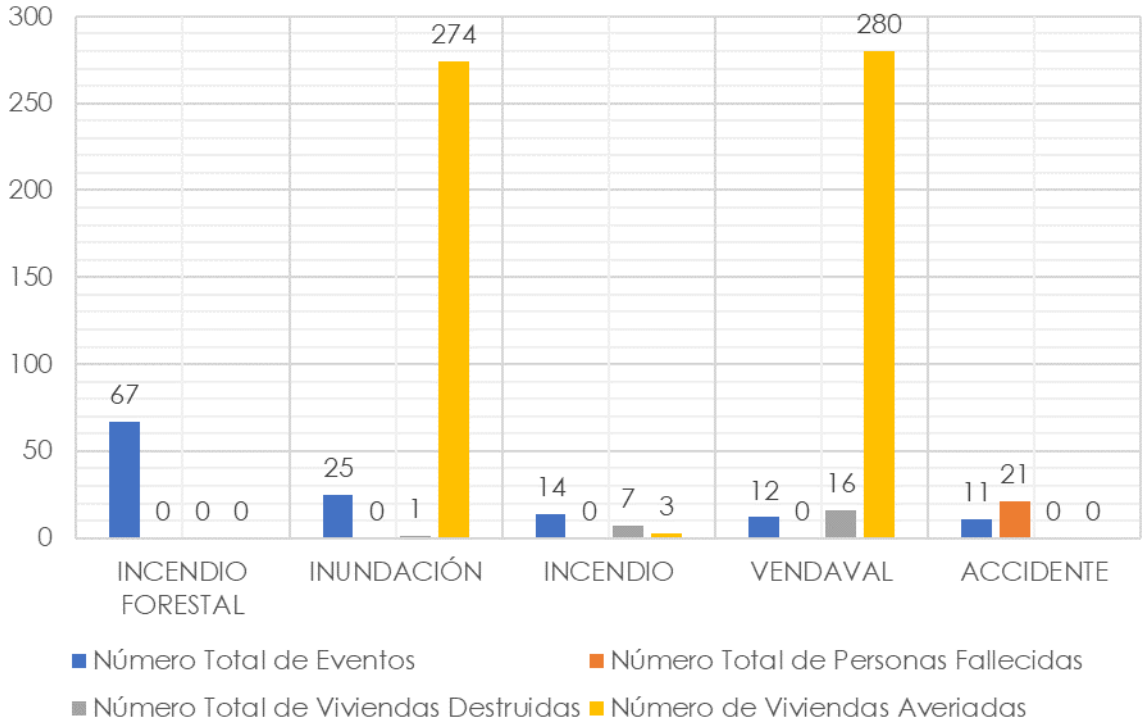


Figura 1.10. Afectaciones de los Principales Fenómenos Presentados en El Espinal
Fuente. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), 2022

En relación con los efectos del cambio climático sobre el Departamento del Tolima y basados en el estudio realizado por el IDEAM en el año 2015, se encuentra que el sector ganadero es el más afectado como resultado del incremento de la temperatura; de igual forma, el sector agrícola se podrá ver afectado como resultado del incremento en las precipitaciones y el posible aumento de plagas y enfermedades. Así mismo, la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo a Desastres (UNGRD) indica que los ecosistemas de alta montaña podrán verse afectados por los cambios acelerados de la temperatura, así como en la disminución de volumen para cobertura nivales.

Es de resaltar que dentro de El Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de El Espinal (PMGRD), se establece que el municipio del Espinal presenta una susceptibilidad a diversos eventos amenazantes, en especial los de origen Geológico (Movimientos en masa leves y severos en las laderas de los cuerpos de agua y sismos) e hidrometeorológicos (inundaciones, vendavales, lluvias torrenciales, sequias, tormentas eléctricas, entre otros). Eventos que suelen ser acelerados por la dinámica territorial del Espinal (modificación de la escorrentía del agua en zonas de ladera y áreas urbanas, excavaciones, rellenos en laderas altas y bajas, para vías o viviendas, desarrollo de actividades humanas en bosques, etc.) Sin embargo, son los vendavales y las inundaciones, los fenómenos más recurrentes y que generan grandes pérdidas económicas y daños. Así mismo los incendios estructurales, los incendios forestales y los sismos, a pesar de no tener un nivel de recurrencia similar en comparación con los eventos anteriores.

Según la información reportada en dicho documento, a continuación, se realizará una breve descripción de los principales fenómenos que amenazan el municipio.

- **INUNDACIÓN**

Son causadas principalmente en las épocas del año de más lluvias; se ve favorecida por la importante presencia de corrientes hídricas, así mismo se favorece la ocurrencia por la contaminación de estas, la ineficiencia de los colectores de aguas lluvias, el taponamiento y ruptura de tubería, el rompimiento de diques, el rebosamiento de las cotas de inundación de canales de agua naturales y artificiales, los asentamientos urbanos y rurales por debajo de los niveles de tránsito hídrico.

En el municipio, la inundación se da por la acumulación temporal de agua fuera de los cauces y áreas de reserva hídrica de las redes de drenaje (naturales y construidas). Se presentan debido a que los cauces de escorrentía superan la capacidad de retención e infiltración del suelo y/o la capacidad de transporte de los canales, al igual que el asentamiento urbano por debajo de los niveles de riesgo y tránsito de cuerpos de agua.

- **VENDAVALES**

Son causados principalmente en las épocas del año en las que cambian las temporadas de lluvias a tiempo seco y viceversa; se ve favorecida la afectación en el municipio por la ubicación geográfica del casco urbano, rural y de la participación antrópica, que afecta el municipio.

Perturbación atmosférica que genera vientos fuertes y destructivos en una sola dirección, con velocidades entre 50 y 80 Km, en intervalos cortos de tiempo y de afectación local en la zona urbana y rural del municipio.

Este fenómeno, podría en el largo plazo socavar el suelo, saturar la parte alta de las montañas y/o laderas verticales de los ríos y quebradas ocasionando emergencia y desastres.

- **SISMOS Y/O TERREMOTOS**

Un terremoto es el movimiento brusco de la Tierra, causado por la brusca liberación de energía acumulada durante un largo tiempo. La corteza de la Tierra está conformada por una docena de placas de aproximadamente 70 km de grosor, cada una con diferentes características físicas y químicas. Estas placas ("tectónicas") se están acomodando en un proceso que lleva millones de años y han ido dando la forma que hoy conocemos a la superficie de nuestro planeta, originando los continentes y los relieves geográficos en un proceso que está lejos de completarse. Habitualmente estos movimientos son lentos e imperceptibles, pero en algunos casos estas placas chocan entre sí como gigantescos témpanos de tierra sobre un océano de magma presente en las profundidades de la Tierra, impidiendo su desplazamiento. Entonces una placa comienza a desplazarse sobre o bajo la otra originando lentos cambios en la topografía. Pero si el desplazamiento es dificultado comienza a acumularse una energía de tensión que en algún momento se liberará y una de las placas se moverá bruscamente contra la otra rompiéndola y liberándose entonces una cantidad variable de energía que origina el Terremoto.

En el municipio se identifican el cruce de diferentes fallas geológicas que potencialmente son fuentes sismo-génicas. El volcán cerró machín y la cercanía del municipio con la capital del departamento del Tolima (Ibagué) donde se encuentran diferentes fallas como: Falla Ibagué, Falla Buenos Aires, Falla Martinica, Falla Doima, Falla Armenia y Falla Pericos. Donde

toda la extensión del Municipio del Espinal se ha establecido con un Grado de Riesgo por Amenaza Sísmica Intermedio

- **MOVIMIENTOS EN MASA**

Este fenómeno se presenta en épocas de lluvias intensas, ocasionado principalmente pro la inestabilidad del terreno por la acción antrópica (tala y quema de bosques, cortes de taludes, mal uso del agua y suelo). Situación que se presenta sobre todo en zonas rurales y aledañas a los cauces de ríos y quebradas la vulnerabilidad por La amenaza por este fenómeno en el municipio de El Espinal es media.

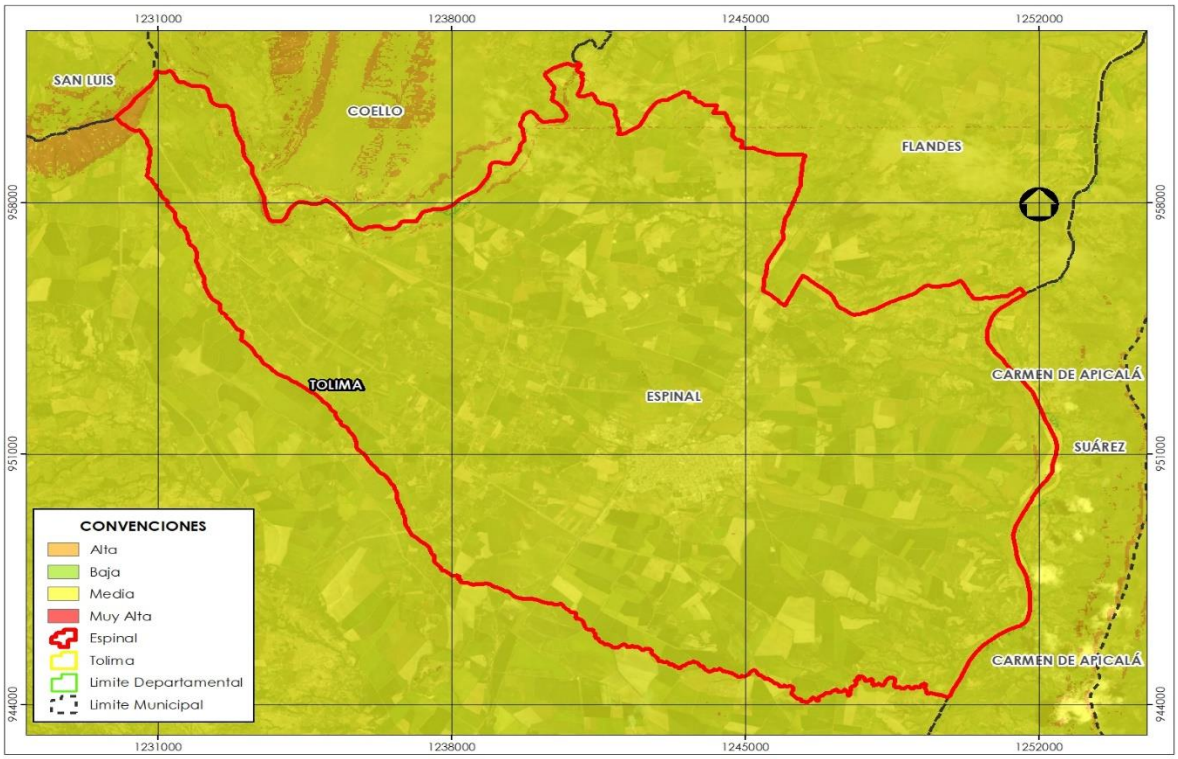


Figura 1.11. Amenaza- Municipio de El Espinal
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.2.3 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

A continuación, se describe la situación socio-económica del municipio de El Espinal.

1.2.3.1 CARCATERÍSTICAS POBLACIONALES

De acuerdo con el Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2018 (CNPV 2018) El municipio de El Espinal cuenta con un total de 70,494 habitantes de los cuales 50,664 se distribuyen en el casco urbano y 19,830 en la zona rural.

De acuerdo con el Plan de Desarrollo y en conformidad con las proyecciones del DANE en base al censo de 2005, se identificó que en el municipio hay una ligera predominancia de hombres, con una representación del 50.1% de la población y en contraste con el porcentaje de mujeres del 49.9%.

En cuanto a la distribución de la población por grupos de edades, de acuerdo con las proyecciones estimados por el DANE para el año 2019 y con base al censo de 2005, se encontró que el grupo de edad más representativo corresponde a los adultos entre los 29 a 59 años, equivale al 37.0% del total de la población; por su parte el grupo de primera infancia (0-5 años) representa el 10.2%, los niños entre los 5 a 11 años de edad representan al 10.3% de la población, mientras los adolescentes (12 a 17 años) representan el 10.6%, la Juventud (18 a 28 años) representan el 17.9%, por último el grupo de personas mayores a 60 años representa al 14% de la población total del año 2019.

El documento también indica que el municipio de El Espinal cuenta con un total de 101 indígenas y 833 personas pertenecientes a otros grupos étnicos, entre los que se encuentran raizales, palenqueros, negros, mulatos, afrocolombianos y afrodescendientes. Por último, para el año 2019 se registraron un total de 7,840 personas víctimas de desplazamiento.

1.2.3.2 ECONOMÍA

Según la información obtenida de las estadísticas del DANE, el valor agregado por actividades económicas con mayor participación son las actividades terciarias con un 46.53%, las actividades terciarias son aquellas actividades económicas dedicadas a la provisión de servicios que satisfacen las necesidades de las personas; en segundo lugar se ubican las actividades secundarias con una participación del 36.55%; las actividades secundarias son aquellas que se dedican a crear productos terminados y en tercer lugar se ubican las actividades primarias con una participación del 16.92%, las cuales comprenden actividades que se basan en extraer bienes y recursos provenientes de la naturaleza.

Según el Plan de Desarrollo la economía del municipio de El Espinal basa su economía en el sector agrícola, agropecuario y agroindustrial, cuenta con un distrito de riego (Uso Coello), el cual fortalece la producción de su principal producto el arroz, producto que según Fedearroz (2004) proporciono más del 60% del PIB del Municipio, el maíz, algodón y sorgo, también se cultivan en el municipio, entre otros; en la parte frutícola se caracteriza por su producción el mango y limón. De acuerdo con el Ministerio de Agricultura el año 2018, la mayor producción del departamento se agrupa en la zona centro en los Municipios de Coello, Guamo, Espinal, con un 60.6% de la producción departamental.

El gremio arrocero en el municipio de El Espina se encuentra constituido por 460 productores con una producción de 81,808 toneladas para el año 2016, tuvo una producción de 42,600 toneladas de mango con un rendimiento de 12 toneladas por hectárea cultivada, posicionado al municipio como el mayor productor del departamento.

1.2.3.3 EDUCACIÓN

Según el Plan de Desarrollo el municipio de El Espinal cuenta con Cuarenta y Dos (42) instituciones educativas en el sector urbano y Veintiún (21) en el sector rural. Además, para el año 2018, contaba con una población estudiantil de 13,658, de los cuales 10,950 correspondiente al 80% se encuentran matriculados en Instituciones Educativas Oficiales del sector urbano y 2,708 correspondiente al 20% restante en Instituciones Educativas Oficiales del sector rural.

La cobertura educativa en el municipio y según el nivel educativo fue la siguiente: transición 60.73%, primaria 86.13%, secundaria 74.08% y educación media 44.93%. Así mismo, la tasa de analfabetismo registrada para ese año fue alta registrando un valor del 7.8%. En cuanto

a la tasa de deserción escolar mostró su pico más bajo para el año 2017 (2.42%) mientras que para el año 2018 presento una tasa del 3.26%.

1.2.3.4 SALUD

Según el documento El Espinal: Estadísticas 2011 – 2014, entre los organismos de salud existentes en el municipio para el año 2014 se identificaron Sesenta y Cuatro (64) IPS públicas y privadas, y se registraron Sesenta y Ocho (68) puestos o centros de salud.

De igual forma, el Plan de Desarrollo indica que para el año 2019 el municipio de El Espinal presenta una cobertura en aseguramiento en salud superior al 100%, encontrándose por encima de la cobertura nacional (2.31%) y departamental (1.0%).

De acuerdo con el componente de cobertura en la afiliación en salud por régimen, municipio presenta un total de 38,680 (50%) de personas afiliadas al régimen contributivo, 36,501 (48%) afiliados al régimen subsidiado y 1,045 (1%) corresponden a población vinculada a regímenes especiales de salud.

Entre los años 2005 y 2018, la principal causa de muerte en la población general fueron las enfermedades del sistema circulatorio, las cuales presentaron una tendencia al aumento en el tiempo, pasando de 217 muertes en el año 2005 a 253 muertes por cada 100.000 habitantes en el año 2017, lo que representa un incremento de 14.2%, causando el 39.1% (3,034) de las defunciones; una gran agrupación de diagnósticos residuales que produjeron el 25.2% de las muertes; mientras que la mortalidad por neoplasias ocupó el tercer lugar, aportando un 16.9% (1,352,3) de las muertes. Finalmente, las causas externas constituyeron la cuarta causa de muerte con un 12.5% (997.6) del total de mortalidad de los años analizados.

1.2.3.5 SERVICIOS PÚBLICOS

En este capítulo se realizará una breve descripción de los servicios públicos del municipio.

- **ACUEDUCTO**

De acuerdo con el informe de Catastro de Redes e Infraestructura de los Sistemas de Acueducto y Alcantarillado (EAAA El ESPINAL, 2016), la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo del Espinal E.S.P, es la entidad encargada de administrar los servicios públicos de la cabecera municipal, del corregimiento de Chicoral y del sistema veredal aledaño, según las entidades gubernamentales se tiene una cobertura en el servicio de acueducto del 91.7%.

El sistema de acueducto está compuesto por: sistema de captación, Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), tanques de almacenamiento, estación de bombeo de agua potable, líneas de aducción, conducción y redes de distribución.

- **ALCANTARILLADO**

De acuerdo con el informe de Catastro de Redes e Infraestructura de los Sistemas de Acueducto y Alcantarillado (EAAA El ESPINAL, 2016), la cobertura en el servicio de alcantarillado del 84.6%.

El sistema de acueducto está compuesto por: sistema de captación, Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), tanques de almacenamiento, estación de bombeo de agua potable, líneas de aducción, conducción y redes de distribución. El sistema de alcantarillado está compuesto por las redes de recolección secundarias, el colector, las descargas o botaderos y el sistema de tratamiento de aguas residuales compuesto por Lagunas de oxidación.

- **ASEO**

La cobertura de este servicio era del 98% en el año 2014 (Alcaldía de El Espinal).

- **ENERGÍA ELÉCTRICA**

La cobertura del servicio de electrificación rural del municipio de El Espinal se encuentra a un 100% es decir que todas las veredas del sector rural cuentan con el servicio (Alcaldía de El Espinal, 2020).

- **GAS**

Actualmente el municipio de El Espinal cuenta con un total de 19,920 usuarios conectados a la red de gas domiciliario para una cobertura del 91.21% (Alcaldía de El Espinal, 2020).

1.3 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

En el presente capítulo se presenta el catastro realizado y el diagnóstico del Sistema de Alcantarillado Sanitario del Municipio de El Espinal objeto de estudio del presente proyecto.

1.3.1 ESTADO DEL SERVICIO

La información que será presentada en este capítulo corresponde a aquella que fue entregada por la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de El Espinal E.S.P (EAAA EL ESPINAL) en respuesta a la solicitud de información realizada por esta consultoría. De acuerdo con la entidad, esta presta el servicio de alcantarillado en el área urbana de El Espinal (10.705 km^2) y el corregimiento de Chicoral (1.367 km^2), registrando un total de 22,726 usuarios, una cobertura del 97.80% (informe PSMV 2019-2020) y los volúmenes de vertimientos, según la facturación del mes de Diciembre del Año 2021, presentan la distribución que se presenta a continuación:

USUARIO		SUMA VERTIMIENTO FACTURADO – DIC 2021 (m^3)	NÚMERO DE USUARIOS
Residencial	1	60,723	4,008
	2	158,828	11,747
	3	54,251	3,973
	4	14,637	1,006
	5	21	1
	TOTAL	**288,460**	**20,735**
Industrial		2,265	9
Comercial		27,251	1,751
Oficial		18,677	222
Especial		73	10
TOTAL NO RESIDENCIAL		**48,266**	**1,992**
TOTAL		**336,726**	**22,727**

Tabla 1.2. Distribución de Usuarios del Sistema de Alcantarillado
Fuente. EAAA DEL ESPINAL E.S.P, 2022

Las tarifas actuales del servicio de alcantarilla son las que se presentan en la siguiente tabla:

USUARIO		CARGO	FACTOR SUBS-CONTRIBU	VALOR
Residencial	1	Fijo ($/suscriptor)	40%	2,728
		Básico ($/m³)		835
		Complementario ($/m³)		1,392
		Suntuario ($/m³)		1,392
	2	Fijo ($/suscriptor)	25%	3,410
		Básico ($/m³)		1,044
		Complementario ($/m³)		1,392
		Suntuario ($/m³)		1,392
	3	Fijo ($/suscriptor)	0%	4,547
		Básico ($/m³)		1,391.61
		Complementario ($/m³)		1,392
		Suntuario ($/m³)		1,392
	4	Fijo ($/suscriptor)	0%	4,547
		Básico ($/m³)		1,391.61
		Complementario ($/m³)		1,392
		Suntuario ($/m³)		1,392
	5	Fijo ($/suscriptor)	50%	6,820
		Básico ($/m³)		2,087
		Complementario ($/m³)		2,087
		Suntuario ($/m³)		2,087
	6	Fijo ($/suscriptor)	60%	7,275
		Básico ($/m³)		2,227
		Complementario ($/m³)		2,227
		Suntuario ($/m³)		2,227
Comercial		Fijo ($/suscriptor)	50%	6,820
		Básico ($/m³)		2,087
		Complementario ($/m³)		2,087
		Suntuario ($/m³)		2,087
Oficial		Fijo ($/suscriptor)	0%	4,547
		Básico ($/m³)		1,392
		Complementario ($/m³)		1,392
		Suntuario ($/m³)		1,392
Especial		Fijo ($/suscriptor)		4,547
		Básico ($/m³)		1,392
		Complementario ($/m³)		1,392
		Suntuario ($/m³)		1,392
Industrial		Fijo ($/suscriptor)		7,275
		Básico ($/m³)		2,227
		Complementario ($/m³)		2,227
		Suntuario ($/m³)		2,227

Tabla 1.3. Servicio de Alcantarillado Estructura Tarifaria Año 2022
Fuente. EAAA DEL ESPINAL E.S.P, 2022

1.3.2 COMPONENTES DEL SISTEMA

El Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del año 2012, indica que el sistema de alcantarillado del área urbana del municipio de El Espinal inició su construcción en los años 40 y es de tipo combinado, motivo por el cual presenta problemas de funcionamiento en los periodos lluviosos, como resultado del gran número de conexiones de sumideros públicos, sifones y bajantes domiciliarios conectados a la red, las bajas pendientes, propias de la topografía del área de estudio, y la falta de mantenimiento mecánico del sistema.

- **REDES DE ALCANTARILLADO**

De acuerdo con el informe de Catastro de Redes e Infraestructura de los Sistemas de Acueducto y Alcantarillado (EAAA El ESPINAL, 2016), en el catastro del sistema de Alcantarillado Sanitario del Municipio de El Espinal se identificaron un total de 1,768 cámaras de inspección, colectores en tubería PVC, gres y concreto que representan una longitud total de 143,394 metros (ver Tabla 1.4) y un total 16 descargas como los puntos de vertimiento más representativos a la Quebrada Espinal.

MATERIAL	LONGITUD (m)	NÚMERO DE TRAMOS	PORCENTAJE (%)
PVC	30,914.53	577	21.56%
Concreto	102,472.51	1,534	71.46%
Gres	10,004.05	149	6.98%
TOTAL	**143,391.09**	**2,26**	**100%**

Tabla 1.4. Características de los Colectores de Alcantarillado Sanitario
Fuente. EAAA El ESPINAL, 2016

El alcantarillado de El Espinal se encuentra dividido en Dos (2) grandes sectores, el sector sur y norte. En el sector sur del alcantarillado, el cual comprende los sectores entre la carrera 7 y el canal Cartama, y entre el canal Cartama hasta la carrera 13, se construyó entre 1997 al 2001 el Colector Sur, con el objetivo de dar solución a la problemática que presentaba este sector del área urbana; dicho colector tiene como punto de partida la carrera décima en el barrio Fátima mediante un tramo en tubería de concreto de 16" y finaliza en una tubería de 1.10 m, en medio de las urbanizaciones Villa Magdalena I y El Recreo donde se transforma en la tubería de entrada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

En relación con el alcantarillado del sector norte, el PMSV 2012 identifica la necesidad de la construcción del colector norte objeto de estudio del presente informe, ya que con el desarrollo de nuevos proyectos urbanísticos en ese sector, se han creado a su vez subsistemas de alcantarillado independientes los cuales drenan y vierten sus aguas residuales a la quebrada El Espinal, también conocida como la quebrada La Pioja. Las áreas aferentes de los principales vertimientos que descargan a la quebrada El Espinal se encuentran enmarcadas desde el sector industrial de Remolinos, hasta los barrios Entre-Ríos y Cafasur, en un recorrido de aproximadamente 7 km y un área total aproximada de 257.7 hectáreas (Ha).

De igual forma el PSMV indica que a esta quebrada también vierten sus aguas residuales Dos (2) subsistemas de alcantarillado ubicados al costado oriental de la cabecera municipal, pertenecientes a los proyectos urbanísticos Saucedal - Industrial y Saucedal – Villa Luz Dary; así como un importante caudal procedente de los sobrantes de cultivos del Distrito de Riego USOCOELLO, que además aporta contaminantes agroquímicos a este cuerpo hídrico.

A continuación, se realizará una breve descripción de los vertimientos identificados en el PSMV para el sector norte del alcantarillado del área urbana de El Espinal.

- **VERTIMIENTOS SECTOR NORTE**

Como se mencionó con anterioridad en el sector norte se identifica un gran número de vertimientos independientes que descargan a la quebrada El Espinal y cuyas características se presentan en la siguiente tabla:

VERTIMIENTO	ÁREA DE PROCEDENCIA	UBICACIÓN	DESCARGA
1	Zona Industrial Remolino		Dos (2) tuberías de 10 pulgadas
2	Belén Bajo		Dos (2) tuberías de 24 pulgadas
3	Sector Cruz Roja y Barrio Belén	Rivera Izquierda de la quebrada, a la altura de la entrada Arkabal	Una (1) tubería de 24 pulgadas
	Barrio Arkabal	Mismo lugar, pero en la rivera derecha de la quebrada.	Una (1) tubería de 20 pulgadas
4	Barrio Rondón y Sector Parque Mitológico	Calle 15, rivera izquierda de la quebrada.	Una (1) tubería de 20 pulgadas
5	Barrio Villa del Prado	Aguas Abajo del V4, en la rivera derecha.	Una (1) tubería de 36 pulgadas
6	Sector Bomba Terpel	Calle 13, rivera izquierda	Una (1) tubería de 36 pulgadas
7	Sector Balkanes	Calle 11, rivera derecha	Una (1) tubería de 36 pulgadas
8 Son Tres (3) Vertimientos		Aguas arriba de la Calle 11	Dos (2) tuberías
		Aguas abajo de la Calle 12	Una (1) tubería sumergida
9 Son Cuatro (4) Vertimientos		Calle 9	Cuatro (4) tuberías
10		Aguas debajo de la Calle 9	Una (1) tubería de 24 pulgadas
11	Aportes del alcantarillado de la parte céntrica y plaza de mercado	Cerca al CAI del Parque La Concordancia	Rotura del alcantarillado
12	Sector Sauceda	Cerca al Barrio San Rafael	Una (1) tubería de 14 pulgadas
13		Calle 1, cerca al Barrio San Rafael	Dos (2) tuberías de 36 pulgadas
14	Barrios Los Almnedros, Las Palmeras y Cemnterio	Calle 2 Este	
15	Barrios Molino Roa, Arrayanes y Entre-ríos	Rivera derecha, debajo del canal de USOCOELLO	Una (1) tubería de 20 pulgadas
16	Sistema de alcantarillado de la Urbanización Cafasur	Debajo de la urbanización Cafasur	Dos (2) tuberías de 10 pulgadas

Tabla 1.5. Características de los Colectores de Alcantarillado Sanitario
Fuente. Alcaldía de El Espinal - PSMV, 2012

Los vertimientos descritos en la tabla anterior contribuyen al deterioro de la quebrada El Espinal y de las condiciones de salubridad de la comunidad colindante, así como de las comunidades ubicadas aguas abajo de esta quebrada.

Adicionalmente, el PMSV indica que las urbanizaciones: El Recreo, La Cascada, La Magdalena, San Pedro y Villa Catalina; se instalaron de forma desordenada y su sistema de alcantarillado no cumple con los requisitos técnicos necesarios para su adecuado funcionamiento; a razón de lo anterior registran que las aguas negras se devuelven a las viviendas ocasionando graves problemas de salubridad.

Finalmente, se identifica que al ser un sistema de alcantarillado combinado, ante eventos pluviales intensos y/o prolongados se disminuye la capacidad del sistema, tanto de las redes

como de la PTAR, y se presenta la dilución de las aguas residuales lo que disminuye la eficiencia de la PTAR y hace necesario la entrega de aguas residuales no tratadas a los cauces.

- **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)**

El sistema de tratamiento del municipio se localiza a 2 km al oriente del área urbana, por la vía que conduce a Puerto Peñón, con una extensión de 10 hectáreas. Su diseño data del año 1995, en el cual se proyectó un tratamiento conformado por un sistema lagunar conformado por: Una (1) Laguna Anaerobia, Una (1) Laguna Facultativa y Dos (2) Lagunas de Maduración. El periodo de diseño del sistema fue de Veintiocho (28) años (hasta el año 2023), una población de 78,400 habitantes y un caudal de 200 L/hab-d (145.36 L/s).

ESTRUCTURA	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROF. (m)	DESCRIPCIÓN
Laguna Anaerobia	65	100	4	Tres (3) tuberías de entrada.
Laguna Facultativa	500	125	2	Cuenta con Mamparas y Tres (3) tuberías de entrada.
Lag. de Maduración 1	67.35	125.45	1.5	
Lag. de Maduración 2	65.35	132.45	1.5	

Tabla 1.6. Dimensiones Componentes Tren de Tratamiento
Fuente. Alcaldía de El Espinal - PSMV, 2012

A la entrada de la planta de tratamiento se encuentra una estructura de pretratamiento en concreto reforzado conformado por Dos (2) rejillas (una de gruesos y otra de finos) en hierro galvanizado, Dos (2) desarenadores y Dos (2) compuertas de control, que permiten la limpieza de la estructura. A continuación, se presentan las dimensiones de los componentes del sistema de pretratamiento:

ESTRUCTURA	LARGO (m)	ANCHO (m)	DESCRIPCIÓN
Rejilla	3.0	1.90	Se realiza su limpieza diaria
Desarenador	7.30	3.85	

Tabla 1.7. Dimensiones Componentes Pretratamiento
Fuente. Alcaldía de El Espinal - PSMV, 2012

Finalmente, el agua residual tratada es dispuesta sobre la quebrada Guayabal mediante una estructura de disipación de energía con Seis (6) escalones, con el fin de evitar la erosión del terreno por la descarga del efluente de la PTAR.

1.3.3 FUENTE RECEPTORA

La quebrada Guayabal a la cual confluye la quebrada El Espinal, es la fuente receptora del efluente de la PTAR y hace parte de la cuenca del río Luisa y Otros directos al Magdalena, que a su vez pertenece a la macrocuenca del Alto Magdalena.

De acuerdo con el estudio y monitoreo de la quebrada Guayabal, El Espinal y sus vertimientos del PSMV 2012, se videncia que en su paso por el área urbana del municipio presenta un incremento en la concentración y carga de DBO5 pasando de 1.2 mg/L a 7.5 mg/L, incremento que se atribuye a las cargas contaminantes procedentes del caudal de los sobrantes de cultivos del Distrito de Riego USOCELLO que es dispuesto sobre la quebrada a la altura del Box-Culvert de la vía que conduce del Espinal al Chicoral. De igual forma se aprecia un incremento en la concentración y carga de Sólidos Suspendidos Totales (SST)

pasando de 19 a 107 mg/L; según los resultados obtenidos el documento concluye que los demás sectores productivos, principalmente el agrícola e industrial, son los principales contaminantes de estas quebradas.

1.4 ESTUDIO DE POBLACIÓN Y APORTES DE AGUAS RESIDUALES

Para el desarrollo y estructuración del presente capítulo la Consultoría toma como fundamento lo establecido en la Resolución 0330 de noviembre de 2017. A continuación, se realizará la descripción de la metodología llevada a cabo para la estimación y proyección de población y aportes de aguas residuales del sector norte del sistema de alcantarillado y los cuales deberán ser recolectados por el colector objeto de estudio del presente proyecto.

1.4.1 METODOLOGÍA

El objetivo de este numeral es presentar la metodología empleada para la proyección de la población y estimación de aportes de aguas residuales. En la siguiente Figura se puede observar el diagrama de flujo de los pasos que se deben seguir para la proyección de la población de acuerdo al método que mejor se ajuste:

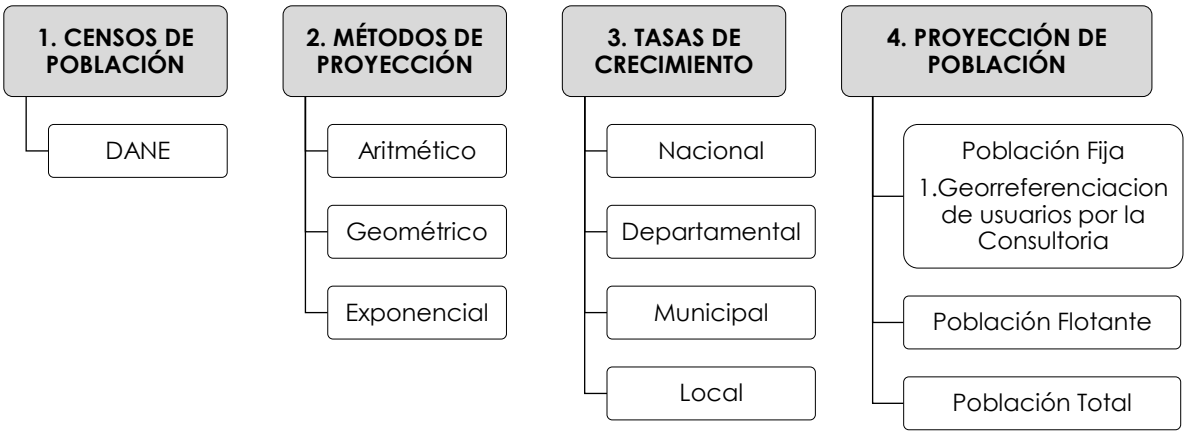


Figura 1.12. Procedimiento de Proyección de Población
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S,2022

A continuación, se presenta la metodología para determinar la distribución espacial de los aportes de aguas residuales y su cuantificación, empleando como información base los usos del suelo de la zona de evaluación, tal y como se evidencia en la siguiente Figura:

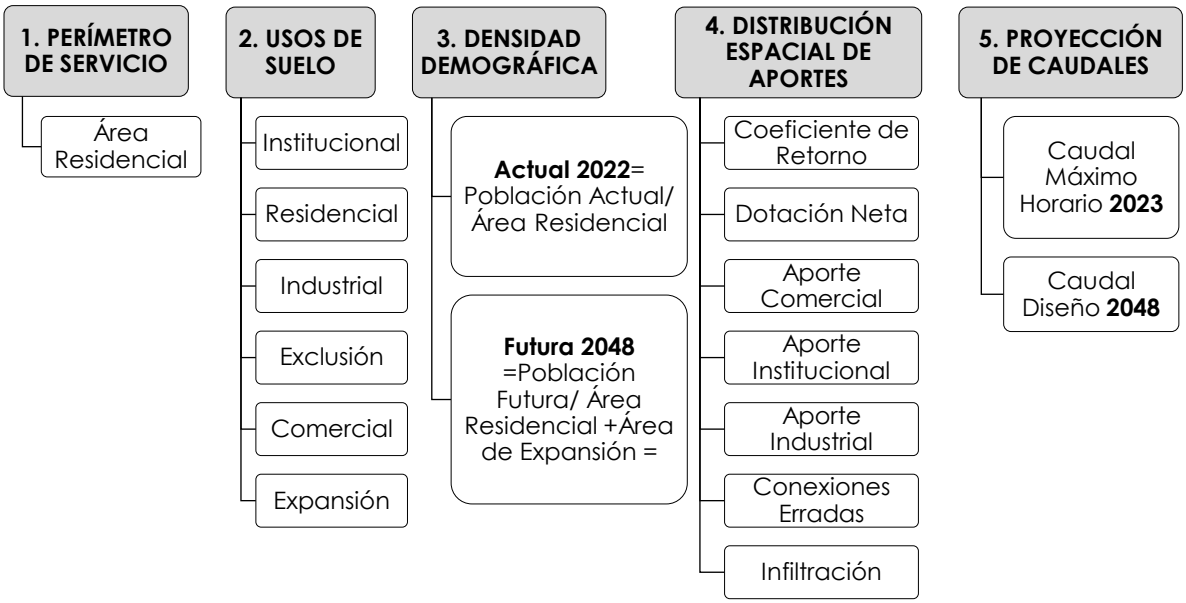


Figura 1.13. Procedimiento para Estimar Aportes de Aguas Residuales
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S,2022

Para determinar las áreas de los diferentes usos del suelo, esta Consultoría, realiza la siguiente metodología:

1. Recolección de información del Esquema de Ordenamiento Territorial, del municipio.
2. Identificación las áreas de influencia del proyecto y los usos del suelo, como lo son residencial, baldíos, comercial, exclusión, industrial, institucional y mixto (residencial y comercial).
3. Con la información recolectada, se realiza una georreferenciación con el objetivo de realizar identificación de usuarios y su respectivo uso.
4. Se actualizo la información, por medio de análisis espacial, con una intersección entre polígonos, que corresponde a cada construcción tomada del plan de ordenamiento territorial, y puntos que son los usuarios que le corresponde, a los datos georreferenciados en campo, con su respectivo uso y número de pisos.
5. Asignado en cada construcción el uso y el número de pisos, se tiene la información para realizar el estudio de población del proyecto.

Zona de Expansión: Son las zonas o áreas que quieren destinarse en el futuro a usos urbanos, según la ejecución de planes de crecimiento del suelo urbano.

Zona de Exclusión: Son las zonas o áreas no aptas para uso urbano por razones de oportunidad o por el hecho de tener una destinación diferente.

Área de Cobertura: Es la sumatoria del área residencial y el área de expansión, área de cobertura en Ha.

Área Comercial: Zonas o áreas edificadas no dedicadas a residencia de población sino a la distribución de productos, además de otros espacios dedicados a infraestructuras técnicas y de comunicación.

Área Industrial: Superficies ocupadas por áreas no dedicadas a residencia de población sino a la obtención, elaboración, transformación, reparación, almacenamiento y distribución de productos.

Área Institucional: El área superficial neta de las zonas con uso institucional, que son como iglesias, alcaldías, colegios y hospitales área en Ha.

En la siguiente tabla se muestra las áreas identificadas en la Comuna 4 del área urbana del municipio de El Espinal, la cual fue identificada como el área que conforma el sector norte del alcantarillado:

USO	AREA (Ha)	AREA (km²)
Residencial	126.95	1.27
Comercial	20.85	0.21
Institucional	8.32	0.08
Industrial	19.66	0.20
Recreacional	25.07	0.25
Expansión	56.70	0.57
Exclusión	77.38	0.77
TOTAL	**334.93**	**3.35**

Tabla 1.8. Áreas por Uso del Suelo
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Aportes No Domiciliares: Para determinar los aportes de caudal comercial, institucional e industrial, se adoptaron valores de contribución según datos del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2016, en los numerales 3.3.3.2., al 3.3.3.4.; los cuales se muestran en la siguiente tabla:

USO	CONTRIBUCIÓN (L/s-Ha)
Comercial	0.5
Institucional	0.5
Industrial	0.6

Tabla 1.9. Aportes Agua Residual No Domiciliar
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Teniendo en cuenta que la contribución de aguas residuales no domiciliares está en función del área, para determinar su caudal aportante, se multiplica dicha contribución por el área definida para cada uso del suelo.

En la siguiente tabla se muestra los parámetros de diseño, asumidos por esta Consultoría de acuerdo con el RAS 2016 y la Resolución 0330 de 08 de junio de 2017:

PARÁMETRO DE ENTRADA	UNID	SÍM	VALOR	OBSERVACIÓN
Periodo de diseño	Años	PD	25	Resolución 0330 de 08 de junio de 2017
Coeficiente de Retorno	-	R	0.85	Resolución 0330 de 08 de junio de 2017
Dotación neta Residencial	L/hab *día	D_{Neta}	140	Resolución 0330 de 08 de junio de 2017
Tasa de crecimiento Residencial	%		1.5	Proyección método geométrico DANE
Conexiones Erradas	L/s*Ha	Q_{ce}	0.2	Resolución 0330 de 08 de junio de 2017
Infiltración	L/s*Ha	Q_{inf}	0.1	Resolución 0799 de 2021
Conexiones Erradas + Infiltración	L/s*Ha	---	0.4	RAS 2016

PARÁMETRO DE ENTRADA	UNID	SÍM	VALOR	OBSERVACIÓN
Coeficiente de aporte comercial	L/s*Ha	A_{co}	0.5	RAS 2016 Numeral 3.3.3.3. Caudal de aguas residuales Comerciales (Qc)
Coeficiente de aporte institucional	L/s*Ha	A_{Inst}	0.5	RAS 2016 Numeral 3.3.3.4. Caudal de aguas residuales institucionales (Qin)
Coeficiente de aporte industrial	L/s*Ha	A_{Ind}	0.6	Tabla D.3.2. RAS 2016
Factor Mayoración (2023)		F	2.44	RAS 2016 Titulo D Numeral 3.3.5.1. Gaines F $F = (3.114/Qmd^{0.062})$
Factor Mayoración (2048)			2.43	

Tabla 1.10. Parámetros de diseño RAS 2016 y Resolución 0330 de 2017
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.4.2 ESTIMACIÓN Y PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

En este capítulo se realizará un adecuado pronóstico del crecimiento de la población de la Comuna 4 de la cabecera municipal; para ello se realizará el análisis y confrontación de la información disponible sobre estimativos de crecimiento poblacional en la zona de estudio, con base en esta información se estimará la población futura en el horizonte del proyecto.

1.4.2.1 INFORMACIÓN CENSAL

La información histórica de los registros censales y demográficos del Municipio de El Espinal, son obtenidos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el cual posee los valores de población de la cabecera, rural y total del municipio. El último censo del año 2018 y el anterior del año 2005, pueden ser obtenidos en forma magnética en formato tipo Microsoft Excel; los censos anteriores para los años: 1973, 1985, 1993 fueron obtenidos en forma digital escaneados por el DANE, y descargados desde la página de Internet: www.dane.gov.co.

Los valores censales obtenidos para el Municipio de El Espinal fueron los siguientes:

CENSO	POBLACIÓN		
AÑO	CABECERA	RURAL	TOTAL
1973	34,681	9,938	44,619
1985	40,733	17,963	58,696
1993	43,422	20,437	63,859
2005	55,787	20,439	76,226
2018	50,664	19,830	70,494

Tabla 1.11. Censos Relacionados Municipio de El Espinal
Fuente. Censos de Población DANE.

Los censos pueden ser consultados en el *Anexo 5. Estudio de Población -1. Censos.*

1.4.2.2 DENSIDAD HABITACIONAL

Teniendo en cuenta el objetivo del proyecto, la Consultoría adopta como densidad habitacional un valor de 3.2 habitantes/vivienda, valor obtenido de la información reportada en el Censo Nacional del año 2018 para el municipio de El Espinal, en el cual se registró un total de 21,298 viviendas y 68,983 habitantes censados, de la división de estos valores es que se obtiene la densidad habitacional adoptada.

1.4.2.3 PERIODO DE DISEÑO

Según lo establecido en la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017 "*Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009*" se establece en el capítulo 1 (Aspectos Generales) en el Artículo 40. "*Periodo de Diseño. Para todos los componentes del sistema de acueducto, alcantarillado y aseo*", se toma como periodo de diseño 25 años.

Al tener un periodo de diseño de 25 años, el año 0 comenzaría a partir del 2023, teniendo en cuenta los tiempos necesarios para:

1. La ejecución de Consultoría
2. El proceso de viabilización del proyecto
3. La ejecución de la obra y puesta en marcha

1.4.2.4 ANÁLISIS DEMOGRÁFICO DE POBLACIÓN NACIONAL

Con el fin de hacer un análisis de sensibilidad poblacional de las estimaciones del Municipio con los promedios de crecimiento nacional, es necesario realizar un estudio sobre los valores de las tasas y el comportamiento en general de la demografía del país. Para esto, se recolectan los datos de los censos de los años: 1973, 1985, 1993, 2005 y 2018 para el territorio nacional y seguido se determinan las tasas de crecimiento, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

CENSO	POBLACIÓN			GEOMÉTRICO			EXPONENCIAL			ARITMÉTICO		
AÑO	Cabecera	Rural	Total	Cabecera	Rural	Total	Cabecera	Rural	Total	Cabecera	Rural	Total
1973	13,978,290	8,936,939	22,915,229									
				2.15%	0.63%	1.67%	2.35%	0.36%	1.63%	498,808	64,376	563,184
1985	18,535,708	9,331,618	27,867,326									
				2.07%	0.72%	1.68%	2.97%	0.35%	2.15%	542,089	75,825	617,914
1993	23,514,070	9,595,770	33,109,840									
				1.77%	0.84%	1.52%	2.44%	0.31%	1.88%	516,423	89,523	605,946
2005	31,510,379	9,958,005	41,468,384									
				1.12%	1.34%	1.17%	1.11%	1.33%	1.17%	378,021	144,295	522,316
2018	36,424,653	11,833,841	48,258,494									
PROMEDIO				**1.78%**	**0.88%**	**1.51%**	**2.22%**	**0.59%**	**1.71%**	**483,835**	**93,505**	**577,340**

Tabla 1.12. Tasas Porcentuales de Crecimiento Nacional
Fuente. Censos de Población DANE.

Los valores obtenidos según la tabla anterior indican que el promedio histórico nacional (1973-2018) para la zona rural y cabecera del país, corresponde a una tasa geométrica porcentual de 1.51%, no obstante, los valores intercensales del último periodo (2005-2018), demuestran que Colombia ha crecido a una rata de 1.17% mostrando la dinámica poblacional por las actividades económicas del país.

1.4.2.5 ANÁLISIS DEMOGRÁFICO DE POBLACIÓN DEPARTAMENTAL

En lo que respecta al comportamiento demográfico departamental del Tolima, se obtuvieron los resultados mostrados en la siguiente tabla.

CENSO	POBLACIÓN			GEOMÉTRICO			EXPONENCIAL			ARITMÉTICO		
AÑO	Cabecera	Rural	Total	Cabecera	Rural	Total	Cabecera	Rural	Total	Cabecera	Rural	Total
1973	491,651	465,542	957,193									
				1.37%	-0.21%	0.73%	1.80%	1.11%	1.47%	9241.22	-952.47	8288.76
1985	610,239	531,981	1,142,220									
				1.21%	-0.69%	0.46%	1.68%	-2.03%	0.09%	9008.09	-3312.12	5695.97
1993	698,001	452,079	1,150,080									
				1.06%	-0.27%	0.58%	2.08%	0.31%	1.43%	8380.20	-1175.92	7204.28

CENSO	POBLACIÓN			GEOMÉTRICO			EXPONENCIAL			ARITMÉTICO		
AÑO	Cabecera	Rural	Total	Cabecera	Rural	Total	Cabecera	Rural	Total	Cabecera	Rural	Total
2005	896,095	469,247	1,365,342									
				0.10%	-0.80%	-0.20%	0.10%	-0.80%	-0.20%	877.77	-3582.00	-2704.23
2018	907,506	422,681	1,330,187									
PROMEDIO				**0.93%**	**-0.49%**	**0.39%**	**1.41%**	**-0.35%**	**0.70%**	**6876.82**	**-2255.63**	**4621.19**

Tabla 1.13. Tasas Porcentuales de Crecimiento Departamental
Fuente. Censos de Población DANE.

Con base en los resultados obtenidos anteriormente sobre el análisis demográfico para la población del Departamento del Tolima, se puede considerar que la tasa de crecimiento geométrico del sector rural es -0.49% evidenciando un comportamiento decreciente de la población en el área rural muy posiblemente como resultado de la migración de la población a ciudades más grandes; mientras que para el área urbana el crecimiento es positivo con una tasa promedio de 0.93%.

1.4.2.6 ANÁLISIS DEMOGRÁFICO DE POBLACIÓN MUNICIPAL

En lo que respecta al comportamiento demográfico municipal de El Espinal, se obtuvieron los resultados mostrados en la siguiente tabla.

CENSO	POBLACIÓN			GEOMÉTRICO			EXPONENCIAL			ARITMÉTICO		
AÑO	Cabecera	Rural	Total	Cabecera	Rural	Total	Cabecera	Rural	Total	Cabecera	Rural	Total
1973	34,681	9,938	44,619									
				0.85%	1.55%	1.02%	1.34%	4.93%	2.29%	355.18	219.82	575.00
1985	40,733	17,963	58,696									
				0.66%	0.30%	0.56%	0.80%	1.61%	1.05%	300.94	56.58	357.52
1993	43,422	20,437	63,859									
				0.62%	-0.12%	0.40%	2.09%	0.00%	1.48%	289.68	-24.28	265.40
2005	55,787	20,439	76,226									
				-0.74%	-0.23%	-0.60%	-0.74%	-0.23%	-0.60%	-394.08	-46.85	-440.92
2018	50,664	19,830	70,494									
PROMEDIO				**0.35%**	**0.37%**	**0.34%**	**0.87%**	**1.58%**	**1.05%**	**137.93**	**51.32**	**189.25**

Tabla 1.14. Tasas Porcentuales de Crecimiento Municipal
Fuente. Censos de Población DANE.

De acuerdo con los resultados obtenidos sobre el análisis demográfico para la población del Municipio de El Espinal, se observa que, en comparación con la población registrada en el año 2005, en el año 2018 hubo un decrecimiento de la población tanto rural como del área urbana; dicho comportamiento disminuyó significativamente la tasa promedio de crecimiento geométrico para ambas zonas.

1.4.2.7 POBLACIÓN BASE

Se determinó como población base para la proyección aquella obtenida mediante la multiplicación de la densidad habitacional y el número de usuarios registrados en los estudios previos del proyecto para la Comuna 4, 5217 usuarios, que a pesar que no cuentan con alcantarillado carece de un colector que transporte sus aguas residuales hasta la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

Por ende, la población total base para el diseño del colector norte se determinó mediante la siguiente expresión:

$$Pb = DxUr$$

Donde:
D = Densidad Habitacional (hab/vivienda)
Ur = Usuarios residenciales (viviendas)
Población base = Población fija base para proyección (hab)

Pb =3.2 hab/vivienda x (5217 viviendas) = 16,694 hab

1.4.2.8 POBLACIÓN FLOTANTE

Con el fin de estimar la población flotante, se identificaron los establecimientos de alojamiento y hospedaje activos que se encuentran dentro del área de estudio y se determinó la capacidad máxima de sus instalaciones y el porcentaje de población flotante que representan dentro del área. En la siguiente figura se observan los hoteles identificados:

De acuerdo con la información recopilada, los hoteles del sector norte aportan una población flotante de 359 personas, valor equivalente al 2.15% de la población base de estudio. En consecuencia y dado que este valor es inferior al valor máximo adoptado por la consultoría (3%) para estimar el crecimiento de este tipo de población, se adopta el valor de 2.15% como tasa de crecimiento de la población flotante en función de la población fija.



Figura 1.14. Hoteles Identificados en el Área de Estudio
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

En la siguiente figura se observa la población flotante aportada por cada hotel y el porcentaje de representación de dicha población en el valor total de la población flotante.

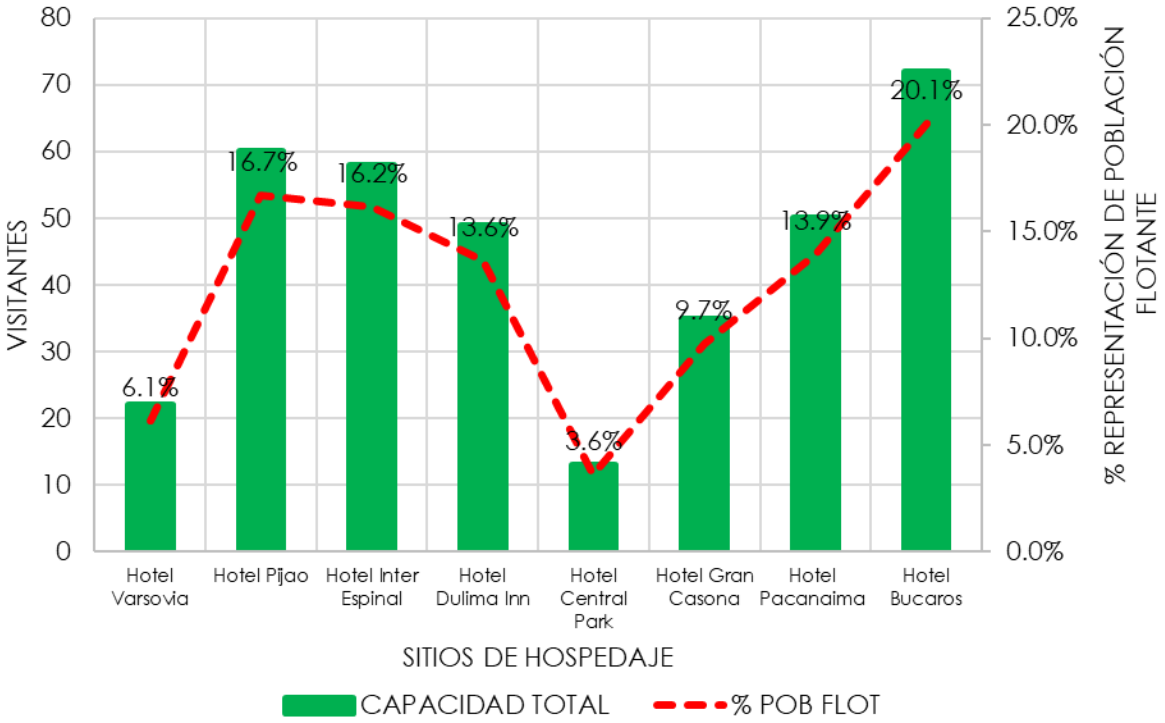


Figura 1.15. Capacidad Máxima de los Hoteles
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.4.2.9 METODOS DE PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

En la Tabla B.2.1 de las normas RAS, se presentan los métodos de cálculo permitidos para realizar las proyecciones de población, las cuales dependen del nivel de complejidad del Sistema. En el caso de los niveles de complejidad bajo y medio, las normas RAS aceptan los métodos aritmético, geométrico y exponencial. Inicialmente se describirán y explicarán los principios teóricos de cada uno de los métodos y posteriormente se realizarán los cálculos pertinentes.

De acuerdo con la Guía RAS – 001, a los resultados obtenidos por los métodos aritmético y geométrico planteados anteriormente como procedimientos de cálculo para proyecciones de población, se les recomienda realizar un "análisis de sensibilidad teniendo en cuenta las siguientes variaciones metodológicas:

1. Usar como año inicial para la proyección cada uno de los años existentes entre el primero y el penúltimo censo.
2. Calcular una tasa de crecimiento poblacional representativa de la dinámica entre los diferentes datos censales disponibles, y con esta realizar las proyecciones a partir de los datos del último censo."

En el análisis de sensibilidad para los modelos aritmético y geométrico se establece que la tasa de crecimiento se calcula a partir del último censo (uc) y del censo inicial (ci). La proyección se realiza considerando como último censo el del año 2018 y como censo inicial el del año 2005 o 1985 según sea el caso.

Ahora, se presenta el desarrollo de los métodos de proyección de población según los datos censales de la cabecera del Municipio de El Espinal:

- **MÉTODO ARITMÉTICO**

Si el aumento de la población es constante e independiente del tamaño de esta, el crecimiento podría tener un comportamiento lineal. Si P es la población y T es el tiempo, se tiene entonces:

$$dP/dT = K_a$$

Dónde:

$$dP = K_a \cdot dT$$

Integrando entre los límites del último censo (uc) y del censo inicial (ci), se tiene la siguiente expresión:

$$K_a = (P_{UC} - P_{CI}) / (T_{UC} - T_{CI})$$

De donde:

K_a: Pendiente de la recta de crecimiento, hab/año.
P_{UC}: Población del último censo, expresada en hab.
P_{CI}: Población del censo inicial, expresada en hab.
T_{UC}: Año del último censo, expresado en años.
T_{CI}: Año del censo inicial, expresado en años.

De acuerdo con este método, la población final viene dada por la siguiente expresión:

$$P_f = P_{uc} + K_a (T_f - T_{uc})$$

Dónde:

P_f : Población proyectada al año horizonte de diseño, expresada en hab.
T_f : Año de la población proyectada en años.

$$K_a = (P_{UC} - P_{CI}) / (T_{UC} - T_{CI})$$

Censo final: año 2018, censo inicial año 2005:

$$K_{2018-2005} = (P_{2018} - P_{2005}) / (2018 - 2005)$$

El resultado encontrado fue:

$$K_{2018-2005} = (50{,}664 - 55{,}787) / (2018 - 2005)$$
$$K_{2018-2005} = -394.1 \text{ hab/año}$$

La población proyectada para el año 2048 será:

$$P_{2048} = P_{2018} + K_{2018-2005} (2048 - 2018)$$

De esta manera queda:

P_{2048} = 50,664+(-394.1) x (2048-2018)
P_{2048} = 38,842 hab

Las proyecciones poblacionales obtenidas se muestran de manera resumida en la siguiente Tabla.

CENSO	POBLACION	K	2005	2018	2023	2028	2033	2038	2043	2048	r2
1973	34,681	355.2	55,787	50,664	52,440	54,216	55,992	57,768	59,543	61,319	0.8909
1985	40,733	300.9	55,787	50,664	52,169	53,673	55,178	56,683	58,187	59,692	0.8692
1993	43,422	289.7	55,787	50,664	52,112	53,561	55,009	56,458	57,906	59,354	0.8638
2005	55,787	-394.1	55,787	50,664	48,694	46,723	44,753	42,782	40,812	38,842	0.0177
2018	50,664										
Proyección DANE			55787	50664	51949	52994	53633	55,376	56,554	57,732	0.8304
PROMEDIO		138	55,787	50,664	51,354	52,043	52,733	53,423	54,112	54,802	0.7535
DESVIACION		35.02	0	0	1,779	3,558	5,337	7,117	8,895	10,674	

Tabla 1.15. Proyecciones de Población Método Aritmético
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S., 2022

Las proyecciones presentadas en la tabla anterior muestran una tendencia decreciente para la población proyectada con la tasa del año 2005; la población promedio proyectada por este método será de 54,802 habitantes para el año 2048. De igual forma y tal y como se puede observar en la gráfica, se concluye que para este método la tendencia de crecimiento del año 1993 DANE es muy cercana a la tendencia de crecimiento de la proyección del DANE.

Los resultados gráficos de la proyección por este método se ilustran en la siguiente figura, en ella se encuentran las tendencias de crecimiento de la población según la tasa de crecimiento estimada al tomar como pivote el censo inicial.

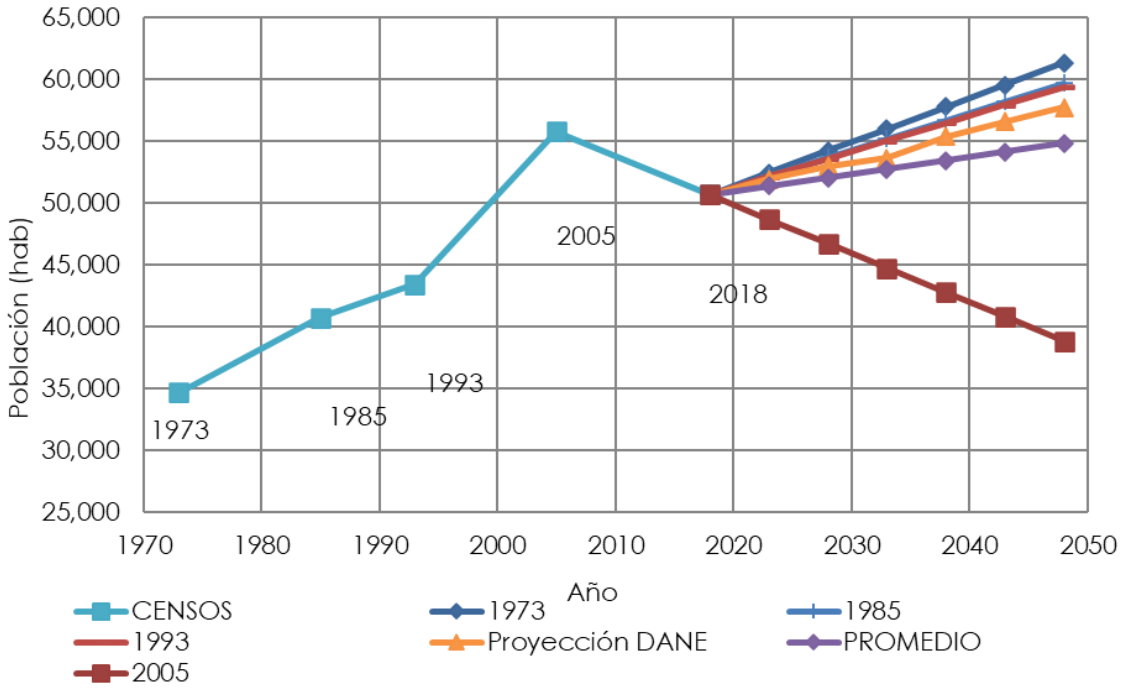


Figura 1.16. Proyección de Población Método de Crecimiento Aritmético.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S., 2022

- **MÉTODO GEOMÉTRICO**

Este método se ajusta muy bien a las tendencias de crecimiento de la mayoría de los Municipios en el país, ya que se ha demostrado que el desarrollo de una población en relación con su tasa de crecimiento no es constante durante el transcurso del tiempo, por ello siempre se pueden ajustar con muy buenos resultados los valores de población a una estimación geométrica, como se mostrará a continuación. Utilizando la ecuación correspondiente de este método, se procede a aplicar el mismo procedimiento empleado para la estimación lineal:

De acuerdo con este método, la población final viene dada por la siguiente expresión:

$$P_f = P_{uc}\ (1+r)^{\,Tf\,-\,Tuc}$$

En donde r es la tasa de crecimiento anual, y se calcula a partir de la ecuación anterior, donde se remplaza el subíndice f por uc y uc por ci y se despeja el término r para obtener la siguiente ecuación:

$$r = (P_{uc}/P_{ci})^{(1/(Tuc\,-\,Tci))} - 1$$

Este valor se remplaza en la anterior ecuación para hacer la proyección de población.

$$P_f = P_{uc}\ (1+r)^{\,Tf\,-\,Tuc}$$

Censo final: año 2018, censo inicial año 2005:

El resultado encontrado fue:

$$R_{2018\,-\,2005} = (P_{2018}/P_{2005})^{(1/2018\,-2005)} - 1$$
$$R_{2018\,-\,2005} = (50{,}664\ /\ 55{,}787)^{(1/2018\,-\,2005)} - 1$$
$$R_{2018\,-\,2005} = -\,0.74\%$$

La población proyectada para el año 2048 será:

$$P_{2048} = P_{2018}\ (1 + R_{2018\,-\,2005})^{2049\,-\,2018}$$
$$P_{2048} = 50{,}664\ (1+\ (-\,0.74\%))^{\,2049\,-\,2018}$$
$$P_{2049} = 58{,}103\ hab$$

Las proyecciones poblacionales obtenidas con el método geométrico se muestran a continuación:

CENSO	POBLACION	r	2005	2018	2023	2028	2033	2038	2043	2048	r2
1973	34,681	0.85%	55,787	50,664	52,843	55,116	57,487	59,960	62,539	65,229	0.917
1985	40,733	0.66%	55,787	50,664	52,367	54,127	55,946	57,826	59,770	61,779	0.893
1993	43,422	0.62%	55,787	50,664	52,251	53,888	55,577	57,318	59,114	60,966	0.884
2005	55,787	-0.74%	55,787	50,664	48,821	47,046	45,335	43,686	42,097	40,566	0.050
2018	50,664										
Proyección DANE		**0.46%**	55787	50664	51949	52994	53633	55,510	56,792	58,103	0.836
PROMEDIO GEOM.		0.35%	55,787	50,664	51,571	52,544	53,586	54,698	55,880	57135	0.814
DESVIACION		0.01	0.00	0.00	1,851	3,704	5,563	7,430	9,308	11,200	

Tabla 1.16. Proyecciones de Población Método Geométrico
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S., 2022

La población promedio proyectada para el año 2048 sería de 62,658 habitantes. En la siguiente figura presenta el resultado gráfico para la proyección por el método geométrico.

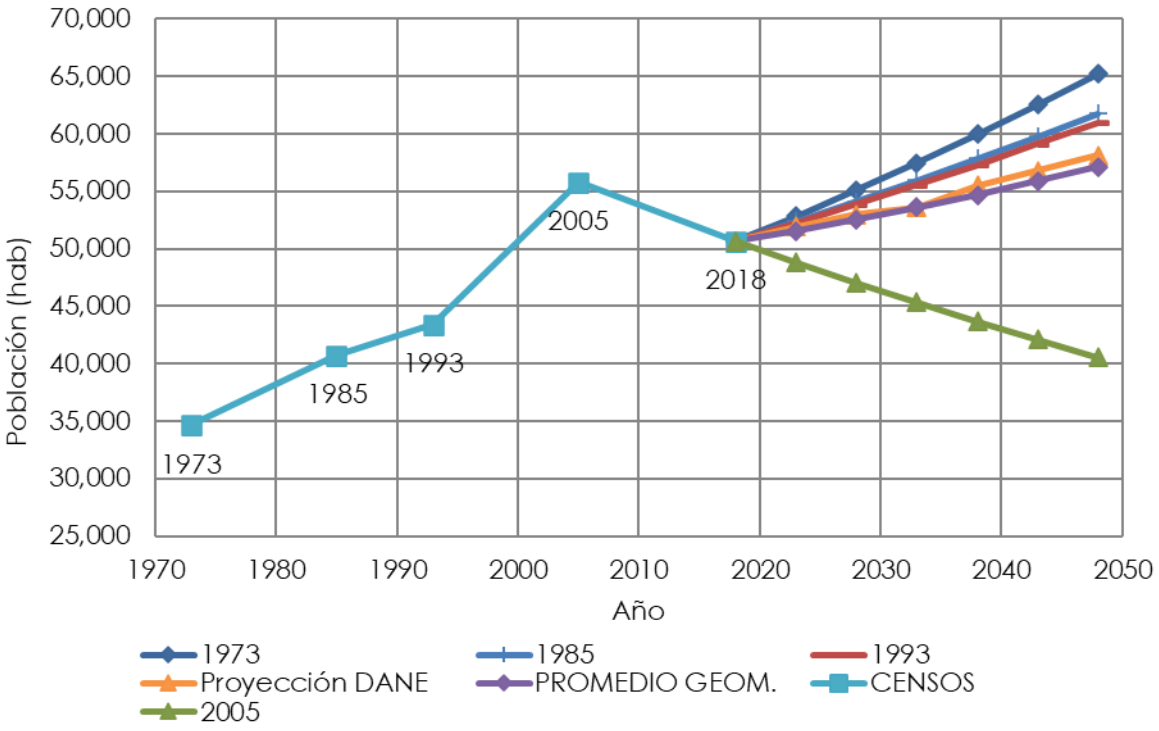


Figura 1.17. Proyección de Población Método de Crecimiento Geométrico.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S., 2022

Con base en el comportamiento poblacional de la figura anterior, se puede observar que la línea de tendencia de tipo polinómica de segundo orden, empleada para mostrar el crecimiento promedio de la población, crece a una tasa de 0.35%; obteniendo así un crecimiento poblacional inferior al de la proyección del DANE, a pesar de que este último también presenta un comportamiento lento, si se le compara con el crecimiento de años anteriores.

- **MÉTODO EXPONENCIAL**

Si el crecimiento de la población es de tipo exponencial, la población se proyecta a partir de la siguiente ecuación:

$$dP/dT = K_g . P$$

De donde, se tiene que:

$$dP/P = K_g .dT$$

Integrando la anterior ecuación entre dos periodos de tiempo cualesquiera, se tiene que:

$$Ln\ (P_f) - Ln\ (P_o) = K_g\ (T_f - T_o)$$
$$Kg = (Ln\ (P_{cp}) - Ln\ (P_{ca})\ /\ (T_{cp} - T_{ca})$$

Donde el subíndice cp corresponde al censo posterior y el subíndice ca, al censo anterior.

La aplicación de este método requiere de por lo menos tres (3) censos, ya que al evaluar un K_g promedio se necesita un mínimo de dos (2) valores de Kg.

Haciendo una integración abierta de la ecuación anterior, se obtiene:

$$Ln\ P + C = K_g . T$$

Para T = 0 y P = P_{ci}

$$C = - Ln\ P_{ci}$$

Remplazando el valor promedio de K_g (obtenido en la ecuación respectiva) en la anterior ecuación, la ecuación de proyección de población será:

$$Ln\ (P_f) = Ln\ (P_{ci}) + K_g\ (T_f - T_{ci})$$

Es decir:

$$P_f = P_{ci}\ e^{Kg\ (Tf - Tci)}$$

Censo final: año 2018, censo inicial año 2005:

$$Kg_{2018-2005} = (Ln\ (P_{2018} - Ln\ (P_{2005}))/\ (2018 - 2005)$$
$$Kg_{2018-2005} = (Ln(50{,}664) - Ln\ (55{,}787))/\ (2018 - 2005)$$
$$Kg_{2018-2005} = -0.007\%$$

La constante K_g promedio será:

$$K_g = 0.009\%$$

Las proyecciones poblacionales obtenidas se muestran de manera resumida en la siguiente tabla.

CENSO	POBLACION	Kg	2018	2023	2028	2033	2038	2043	2048	r2
1973	34,681	0.013	50,664	53,625	56,014	58,509	61,116	63,838	66,682	0.928
1985	40,733	0.008	50,664	56,728	59,255	61,895	64,652	67,532	70,540	0.950
1993	43,422	0.021	50,664	56,400	58,912	61,536	64,278	67,141	70,132	0.948
2005	55,787	-0.007	50,664	65,264	68,171	71,208	74,380	77,694	81,155	0.950
2018	50,664									
Proyección DANE		**0.004**	50664	51949	52994	53633	54,357	55,321	56,303	0.800
PROMEDIO		0.009	50664	58004	60588	63287	66106	69051	72127	0.954
DESVIACION		0.012	0.000	5035.90	5260.23	5494.56	5739.32	5994.99	6262.05	

Tabla 1.17. Proyección de Población Método de Crecimiento Exponencial
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S., 2022

A continuación, se mostrará el resultado gráfico de la proyección de la población arrojado por el método exponencial:

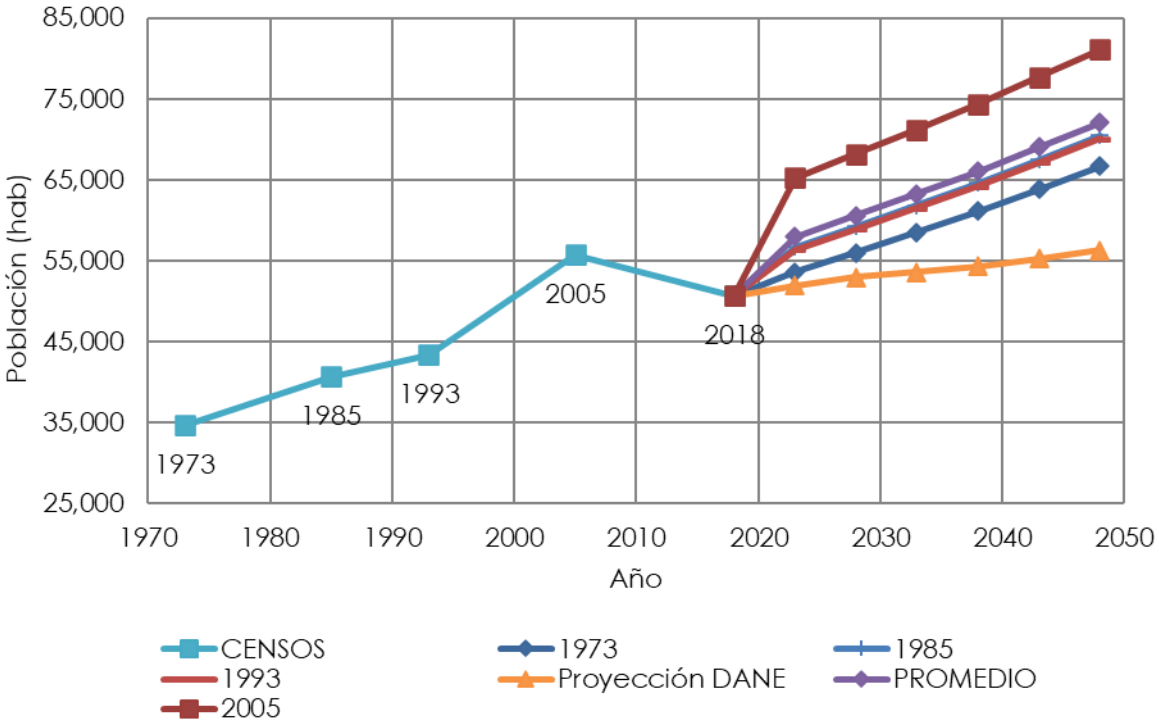


Figura 1.18. Proyección de Población Método de Crecimiento Exponencial.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S., 2022

Se observa en la figura anterior que la tendencia exponencial del Municipio de El Espinal es creciente; no obstante, se observa que la proyección del DANE tiende a subestimar el crecimiento, mientras que la proyección realizada a partir de la población del año 2005 la tiende a sobreestimar.

1.4.2.10 MÉTODO ADOPTADO

Con el fin de identificar el método de proyección que más se ajusta a la dinámica poblacional del municipio de El Espinal, se seleccionó, para cada uno de los métodos evaluados Método Aritmético, Geométrico y Exponencial), la proyección que mejor representan la tendencia de crecimiento del área de estudio; obteniendo los siguientes resultados:

MÉTODO	TASA	2005	2018	2023	2028	2033	2038	2043	2048
Aritmético	289.7	55,787	50,664	52,112	53,561	55,009	56,458	57,906	59,354
Geométrico	0.66%	55,787	50,664	52,367	54,127	55,946	57,826	59,770	61,779
Exponencial	0.009	55,787	50,664	58,004	60,588	63,287	66,106	69,051	72,127
Proyección DANE	0.46%	55787	50664	51949	52994	53633	55510	56792	58103
Promedio		55787	50664	54161	56092	58081	60130	62242	64420
Desviación				3331	3904	4533	5221	5970	6784

Tabla 1.18. Tendencias de Crecimiento Seleccionadas por Métodos de Proyección
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S., 2022

Como se observa en la siguiente figura, el método exponencial tiende a sobrestimar el crecimiento, mientras que la proyección del DANE tiende a subestimarlo; no obstante, se observa que la tendencia de crecimiento del método geométrico se encuentra en el medio de las demás tendencias, por esa razón y dado que en el último censo nacional se

observó una importante disminución de la población del municipio, se considera que la tendencia de crecimiento geométrico sería la que mejor representa dicha disminución sin necesidad de subestimar el crecimiento o condicionarlo al comportamiento puntual que se presentó en el 2018.

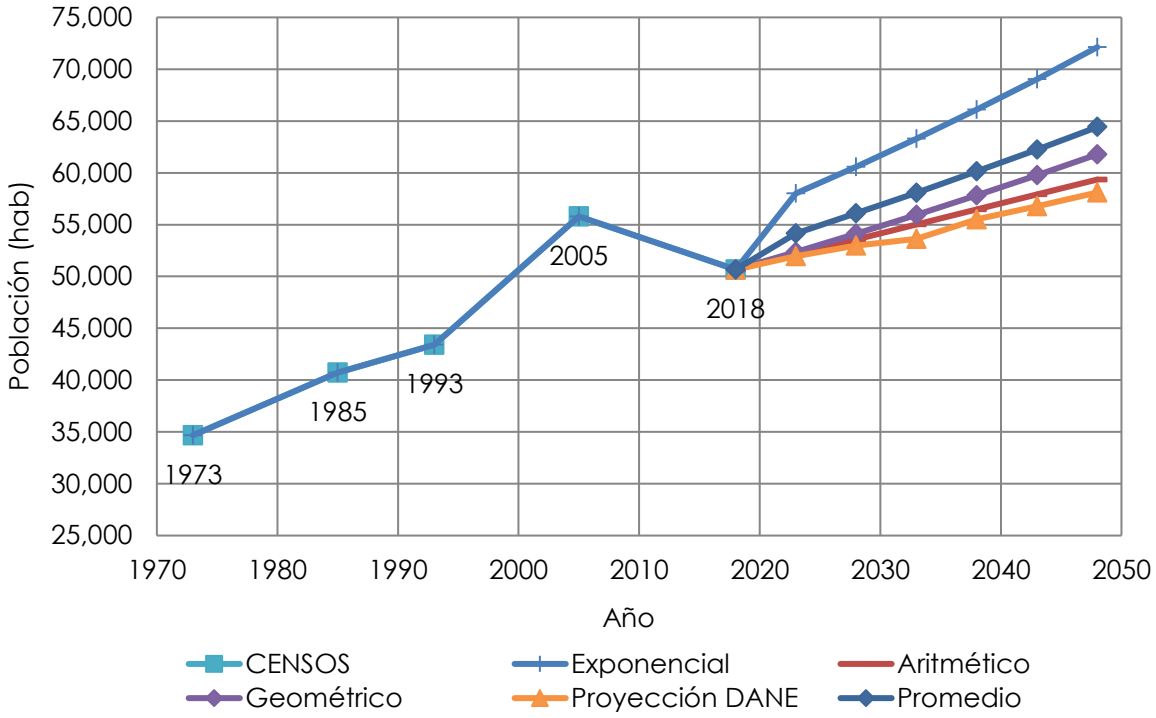


Figura 1.19. Proyección Final de los Métodos de Crecimiento
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S., 2022

En consecuencia, se selecciona el método geométrico, con una tasa crecimiento del 0.66%, para proyectar la población objeto de estudio dentro de un horizonte de tiempo de 25 años, adoptando como año 0 el año 2023 y año final el año 2048.

ID	AÑO	POBLACIÓN URBANA (HABITANTES)		
		FIJA	FLOTANTE	TOTAL
Base	2022	16694	359	17053
0	2023	16805	361	17167
1	2024	16917	364	17281
2	2025	17029	366	17395
3	2026	17142	369	17511
4	2027	17255	371	17626
5	2028	17370	374	17744
6	2029	17485	376	17861
7	2030	17601	378	17979
8	2031	17718	381	18099
9	2032	17835	384	18219
10	2033	17954	386	18340
11	2034	18073	389	18462
12	2035	18193	391	18584
13	2036	18313	394	18707
14	2037	18435	396	18831

ID	AÑO	POBLACIÓN URBANA (HABITANTES)		
		FIJA	FLOTANTE	TOTAL
15	2038	18557	399	18956
16	2039	18680	402	19082
17	2040	18804	404	19208
18	2041	18929	407	19336
19	2042	19054	410	19464
20	2043	19181	412	19593
21	2044	19308	415	19723
22	2045	19436	418	19854
23	2046	19565	421	19986
24	2047	19695	424	20119
25	2048	19826	426	20252

Tabla 1.19. Población Proyectada.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S., 2022

1.4.3 ESTIMACIÓN Y PROYECCIÓN DE APORTES DE AGUAS RESIDUALES

Los caudales de diseño, se calculan de acuerdo a los aportes domésticos residenciales, comerciales, industriales y oficiales o institucionales, adicionando las conexiones erradas y los aportes por infiltración. En seguida, se presentará el procedimiento desarrollado por la consultoría para la estimación del caudal de aguas residuales que deberá ser transportado por el colector norte.

1.4.3.1 PERÍMETRO SANITARIO

Para el cálculo y el trazado de las áreas aferentes al colector, es necesario definir el perímetro sanitario objeto de estudio, el cual se construye con ayuda de la información suministrada en los estudios previos del contrato, el plano de usos del suelo del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio, la topografía y el grado de cobertura actual. En la siguiente figura se observa el perímetro sanitario definido para el área de interés del proyecto.

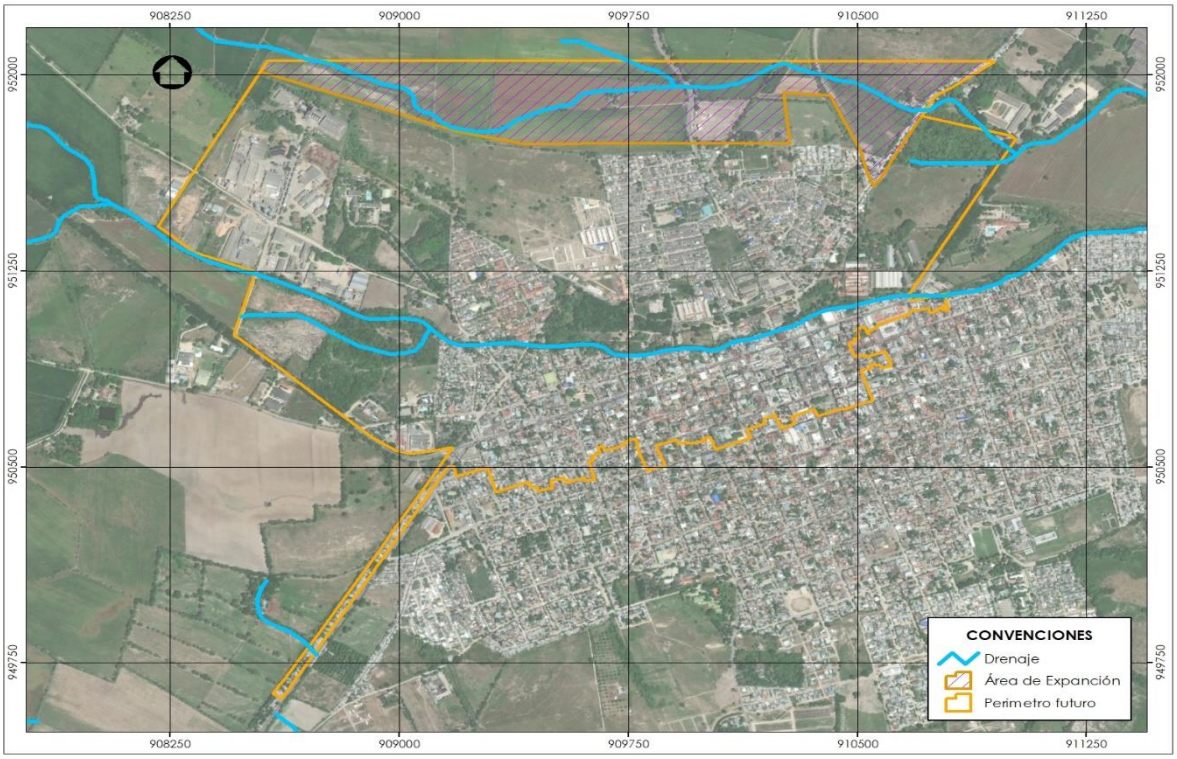


Figura 1.20. Perímetro Sanitario del Sector Norte
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S., 2022

Del área enmarcada dentro del perímetro sanitario se excluyen las áreas de recreación y los otros tipos de uso como el oficial, institucional y comercial. Este valor será empleado para el cálculo de la densidad demográfica urbana para los aportes domésticos, que a su vez se puede usar para el cálculo del caudal residencial. No obstante, para los aportes especiales al sistema como Colegios, Estación de Policía, centro de salud, Alcaldía, etc., se hará en forma puntual en los pozos donde se haya verificado en campo su conexión identificando las áreas de carácter oficial y comercial y determinando los aportes correspondientes de manera independiente.

1.4.3.2 ÁREAS AFERENTES

El área aferente de cada tramo se determina a partir de los planos del levantamiento topográfico y las líneas del trazado de las redes de alcantarillado según su topología y el catastro efectuado. Las áreas se trazan considerando la divisoria de aferencia dada a cada trayecto según el urbanismo del trazado de cada tramo, hasta los límites de cobertura.

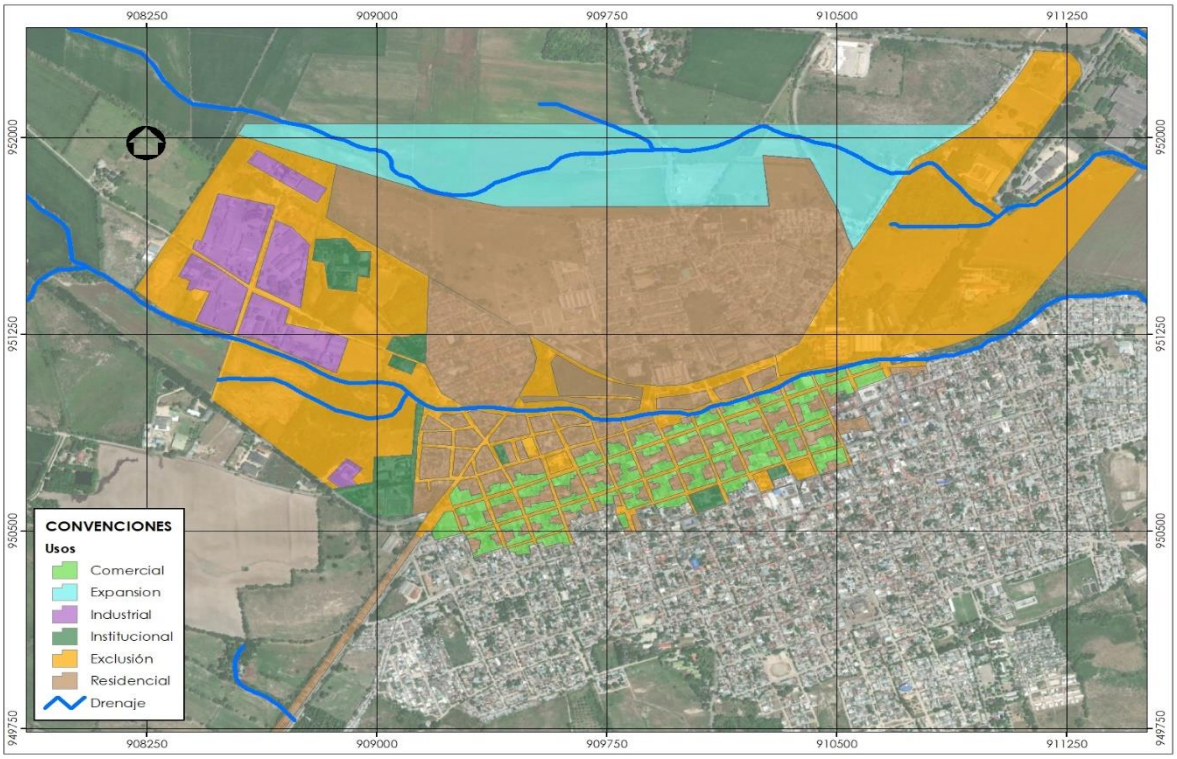


Figura 1.21. Usos del Suelo
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S., 2022

En la siguiente tabla se muestran las áreas de uso residencial, comercial, oficial, industrial, exclusión y expansión del área de estudio.

USO	AREA (Ha)	AREA (km²)
Residencial	126.95	1.27
Comercial	20.85	0.21
Institucional	8.32	0.08
Industrial	19.66	0.20
Recreacional	25.07	0.25
Expansión	56.70	0.57
Exclusión	77.38	0.77
TOTAL	**334.93**	**3.35**

Tabla 1.20. Áreas por Uso del Suelo
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S., 2022

1.4.3.3 DOTACIÓN NETA

De acuerdo a la Resolución 0330 de 08 de junio de 2017, *"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009"*, en el Capítulo 1 Aspectos Generales el cual se menciona textualmente, *"…ARTÍCULO 43. Dotación neta máxima. La dotación neta debe determinarse haciendo uso de información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, disponible por parte de la persona prestadora del servicio de acueducto o, en su defecto, recopilada en el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), siempre y cuando los datos sean consistentes. En*

todos los casos, se deberá utilizar un valor de dotación que no supere los máximos establecidos en la Tabla 1…"

A continuación, se muestra la tabla que menciona la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017.

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DIA)
>2000 m.s.n.m.	120
1000-2000 m.s.n.m.	130
<1000 m.s.n.m.	**140**

Tabla 1.21. Dotación Neta Máxima
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S., 2022

La altura de El Espinal, se encuentra en 323 m.s.n.m., teniendo en cuenta lo anterior esta Consultoría asume una dotación neta de 140 L/hab*día.

1.4.3.4 COEFICIENTE DE RETORNO

El coeficiente de retorno es la fracción del agua de uso doméstico servida (dotación neta), entregada como agua negra al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. Su estimación debe provenir del análisis de información existente de la localidad y/o de mediciones de campo.

Cuando esta información resulte inexistente o muy pobre, pueden utilizarse como guía los rangos de valores de R descritos en el Reglamento Técnico RAS, justificando apropiadamente el valor finalmente adoptado. Para este proyecto, de acuerdo al Nivel de Complejidad que se establezca para el Sistema, se empleara el valor correspondiente.

De acuerdo a la Resolución 0330 de 08 de junio de 2017, *"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009"*, en la Sección 1 Consideraciones Técnicas Generales de las Redes de Alcantarillado el cual se menciona textualmente, *"…ARTÍCULO 143. Caudal de aguas residuales. El coeficiente de retorno (CR) debe estimarse a partir del análisis de información existente en la localidad y/o de mediciones de campo realizadas por la persona prestadora del servicio. De no contar con datos de campo, se debe tomar un valor de 0,85. …"*

Esta Consultoría asume un coeficiente de retorno de 0.85 de acuerdo con la resolución 0330 del 08 de junio de 2017.

1.4.3.5 APORTES AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

El aporte doméstico de aguas residuales denominado QD, depende de la dotación per cápita, la población, la densidad demográfica y el coeficiente de retorno, el cálculo de este aporte está dado por la siguiente expresión:

$$QD = C \times P \times R / 86400$$

Donde:

QD: Caudal de diseño de aportes domésticos, expresado en L/s

C: Dotación neta de diseño corregida, expresada en L/hab día
P: Población aferente a cada tramo de diseño o evaluación, expresado en hab.
R: Coeficiente de Retorno de aguas Residuales, adimensional

Entonces:

$$QD_{2048} = (0.85* 20{,}252 \text{ hab}* 140 \text{ L/hab*dia})/86400$$
$$QD_{2048} = 27.89 \text{ L/s}$$

1.4.3.6 APORTES AGUAS RESIDUALES COMERCIALES

Para el cálculo de la demanda y el caudal medio y máximo de diseño, se considerará en el diseño del sistema un coeficiente de aporte comercial de 0.5 L/s*ha comercial, por efectos del estado de desarrollo comercial de La Ciudad aportes unitarios y totales de este tipo de uso. La determinación de este valor se basa en los Rangos de valores descritos en el titulo D numeral 3.3.3.3. Del Manual de Saneamiento y Agua potable RAS 2016. A continuación, se detalla la metodología para el cálculo del caudal comercial.

$$Q_{comerciall} = C_r * A_{comercial}$$
$$0.5 \text{ L/s-ha} * 20.85 \text{ ha} = 10.42 \text{ L/s}$$

1.4.3.7 APORTES AGUAS RESIDUALES INSTITUCIONAL

El consumo de agua de las diferentes instituciones varía de acuerdo con el tipo y tamaño de las mismas, dentro de las cuales pueden mencionarse escuelas, colegios, hospitales, hoteles, etc.

En consecuencia, los aportes de aguas residuales institucionales QIN deben determinarse para cada caso en particular, con base en información de consumos registrados en la localidad de entidades similares. Sin embargo, para pequeñas instituciones ubicadas en zonas residenciales, los aportes de aguas residuales pueden estimarse a partir de los valores por unidad de área institucional, presentados en el Titulo D Numeral 3.3.3.4. Caudal de aguas residuales institucionales (Qin) del RAS 2016. Para lo cual se asumirá un determinado coeficiente de aportes en su debido momento.

$$Q_{institucional} = C_r * A_{inst}$$
$$0.5 \text{ L/s-ha} * 8.32 \text{ ha} = 4.16 \text{ L/s}$$

1.4.3.8 APORTES AGUAS RESIDUALES INDUSTRIAL

Superficies ocupadas por áreas no dedicadas a residencia de población sino a la obtención, elaboración, transformación, reparación, almacenamiento y distribución de productos.

Teniendo en cuenta el titulo D Numeral 3.3.3.2. Caudal de aguas residuales industriales (QI) para nivel de Complejidad la contribución industrial es 0.6 L/s-ha, sin embargo, no se encontró área industrial en el área aferente del alcance del contrato.

$$Q_{industrial} = C_r * A_{ind}$$
$$0.6 \text{ L/s-ha} * 19.66 \text{ ha} = 11.80 \text{ L/s}$$

1.4.3.9 CAUDAL MEDIO DIARIO DE AGUAS RESIDUALES

El caudal medio diario de aguas residuales (QMD) con un área de drenaje dada es la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$QMD = Q_D + Q_I + Q_C + Q_{IN}$$

De acuerdo al Título D del RAS 2016, en los casos donde las contribuciones industriales, comerciales e institucionales sean marginales con respecto a las domésticas, pueden ser estimadas como un porcentaje de los aportes domésticos.

El caudal medio de aguas residuales (Q_{MD}) con un área de drenaje dada es la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales.

$$Q_{MD\ 2048} = Q_D + Q_I + Q_C + Q_{IN}$$

$$Q_{MD\ 2048} = 27.89 + 10.42 + 4.16 + 11.80 = 54.27\ L/s$$

1.4.3.10 FACTOR DE MAYORACIÓN

La variación del factor de mayoración debe ser estimada a partir de mediciones de campo; sin embargo, esto no es factible en muchos casos, por lo cual es necesario estimarlo con base en relaciones aproximadas como las de Gaines, Los Ángeles y Flores, válidas para los siguientes rangos: Los Ángeles para el rango de 2.8 a 28300 L/, la de Gaines para caudales medios entre 0.28 L/s y 4250 L/s y la de Flores, en las cuales se estima F en función del número de habitantes.

Teniendo en cuenta la Resolución 0330 de 08 de junio de 2017, *"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009"*, en el Capítulo 4 Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Pluviales el cual se menciona textualmente, *"…ARTÍCULO 134 en el numeral 4 Caudal máximo horario. El factor de mayoración utilizado en la estimación del caudal máximo horario debe calcularse haciendo uso de mediciones de campo, en las cuales se tengan en cuenta los patrones de consumo de la población. En ausencia de datos de campo, se debe estimar con las ecuaciones aproximadas, teniendo en cuenta las limitaciones que puedan presentarse en su aplicabilidad. Este valor deberá estar entre 1,4 y 3,8…"*

Esta consultoría empleará de acuerdo al límite de las ecuaciones, la expresión de Gaines, dado que es la ecuación que mejor se adapta a las condiciones de mayoración de este tipo de municipios y se encuentra dentro del rango según lo establece la Resolución 0330 de 2017, la fórmula establece que:

$$F = (3.114/Qmd^{0.062})$$

Donde:
F= Factor de mayoración adimensional.
Qmd: Caudal medio diario de aguas residuales (L/s).

A continuación, se muestra el cálculo del factor de mayoración del área aferente con cada uno de los métodos evaluados: Flores, los Ángeles y Gaines.

AÑO	POBLACIÓN TOTAL (hab)	GAINES	FLORES	LOS ANGELES
2022	17053	2.44	2.64	2.47
2023	17167	2.44	2.63	2.47
2024	17281	2.44	2.63	2.47
2025	17395	2.44	2.63	2.47
2026	17511	2.44	2.63	2.47
2027	17626	2.44	2.63	2.47
2028	17744	2.44	2.63	2.47
2029	17861	2.44	2.62	2.46
2030	17979	2.44	2.62	2.46
2031	18099	2.44	2.62	2.46
2032	18219	2.44	2.62	2.46
2033	18340	2.44	2.62	2.46
2034	18462	2.44	2.61	2.46
2035	18584	2.44	2.61	2.46
2036	18707	2.44	2.61	2.46
2037	18831	2.44	2.61	2.46
2038	18956	2.44	2.61	2.46
2039	19082	2.44	2.61	2.46
2040	19208	2.43	2.60	2.46
2041	19336	2.43	2.60	2.46
2042	19464	2.43	2.60	2.45
2043	19593	2.43	2.60	2.45
2044	19723	2.43	2.60	2.45
2045	19854	2.43	2.60	2.45
2046	19986	2.43	2.59	2.45
2047	20119	2.43	2.59	2.45
2048	20252	2.43	2.59	2.45

Tabla 1.22. Determinación del Factor de Mayoración
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S., 2022

1.4.3.11 CAUDAL MÁXIMO HORARIO DE AGUAS RESIDUALES

El caudal máximo horario es la base para establecer el caudal de diseño de una red de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. El caudal máximo horario del día máximo se estima a partir del caudal medio diario, mediante el uso del factor de mayoración, F. de tal forma que la expresión es:

$$QMH = F \times QMD$$
$$QMH_{2048} = 2.43 * 54.27 = 131.93\ L/s$$

1.4.3.12 APORTES POR CONEXIONES ERRADAS E INFILTRACIÓN

Deben considerarse los aportes de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de malas conexiones de bajantes de tejados y patios, QCE. Estos aportes son función de la efectividad de las medidas de control sobre la calidad de las conexiones domiciliarias y de la disponibilidad de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias.

De acuerdo a la Resolución 0330 de 08 de junio de 2017, *"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se*

derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009", en la Sección 1 Consideraciones Técnicas Generales de las Redes de Alcantarillado el cual se menciona textualmente, "…*ARTÍCULO 143 Caudal de conexiones erradas. Los aportes por conexiones erradas deben estimarse a partir de la información existente en la localidad. En ausencia de esta información deberá utilizar un valor máximo de 0,2 L/s.ha…*"

Artículo 41 de la Resolución 799 del 2021. "… *Caudal de infiltración. El caudal de infiltración debe estimarse a partir de aforos en el sistema y de consideraciones sobre la naturaleza y permeabilidad del suelo, la topografía de la zona y su drenaje, la cantidad y distribución temporal de la precipitación, la variación del nivel freático con respecto a las cotas clave de las tuberías, las dimensiones, estado y tipo de tuberías, los tipos, número y calidad constructiva de uniones y juntas, el número de estructuras de conexión y demás estructuras, y su calidad constructiva. Ante la ausencia de información se acepta que la infiltración se calcule con base en un factor de 0,1 L/s ha, aplicado al área de aferencia de infiltración del alcantarillado, entendida esta como el área de las calles del sector beneficiado con el sistema…*"

Teniendo la resolución mencionada anteriormente para este proyecto en particular se adopta un coeficiente para conexiones erradas e infiltración de 0.2 L/s ha. Por ende, para hallar el caudal de conexiones erradas se establece la siguiente expresión.

$$Q_{CE} = C_{CE} * A_{afr}$$

Donde,

C_{nf} = Coeficiente de conexiones erradas L/s
A_{afr} = Área de cobertura total (ha)

Entonces,

$$Q_{CE\ 2048} = 0.2\ L/s.\ ha * 183.65\ ha = 36.73\ L/s$$

Para hallar el caudal de infiltración de acuerdo al RAS 2016 título D.3.3.5 se establece la siguiente expresión.

$$Q_{nf} = C_{nf} * A_{afr}$$

En donde:

C_{nf} = Coeficiente de infiltración L/s
A_{afr} = Área de Cobetura (ha)

Entonces:

$$Q_{nf\ 2048} = 0.1\ L/s.\ ha * 183.65\ ha = 18.37\ L/s$$

1.4.3.13 CAUDAL DE DISEÑO REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Los caudales del sistema para cada tramo se calculan a partir de la suma del caudal máximo horario de aguas residuales, el aporte de infiltración y el aporte de conexiones erradas, la expresión que define lo anterior es.

$$QDIS = QMH + QINF + QCE$$

$$Q_{DIS\ 2048} = 131.93 + 36.73 + 18.37 = 187.03\ L/s$$

En la siguiente tabla se presenta la proyección de los aportes de aguas residuales y el caudal de diseño del colector norte, a lo largo del horizonte de tiempo del proyecto.

Coeficiente de retorno: 0.85
Dotación neta: 140 L/s hab * día

AÑO	POBLACIÓN TOTAL (hab)	APORTE RESIDENCIAL (L/s)	APORTE COMERCIAL (L/s)	APORTE INSTITUCIONAL (L/s)	APORTE INDUSTRIAL (L/s)	CAUDAL MEDIO (L/S)	CAUDAL DE DISEÑO (L/S)
2022	17053	23.49	10.42	4.16	11.80	49.87	176.96
2023	17167	23.64	10.42	4.16	11.80	50.02	177.31
2024	17281	23.80	10.42	4.16	11.80	50.18	177.67
2025	17395	23.96	10.42	4.16	11.80	50.34	178.04
2026	17511	24.12	10.42	4.16	11.80	50.50	178.40
2027	17626	24.28	10.42	4.16	11.80	50.66	178.76
2028	17744	24.44	10.42	4.16	11.80	50.82	179.13
2029	17861	24.60	10.42	4.16	11.80	50.98	179.50
2030	17979	24.76	10.42	4.16	11.80	51.14	179.88
2031	18099	24.93	10.42	4.16	11.80	51.31	180.25
2032	18219	25.09	10.42	4.16	11.80	51.47	180.63
2033	18340	25.26	10.42	4.16	11.80	51.64	181.01
2034	18462	25.43	10.42	4.16	11.80	51.81	181.40
2035	18584	25.60	10.42	4.16	11.80	51.98	181.78
2036	18707	25.77	10.42	4.16	11.80	52.14	182.17
2037	18831	25.94	10.42	4.16	11.80	52.32	182.56
2038	18956	26.11	10.42	4.16	11.80	52.49	182.95
2039	19082	26.28	10.42	4.16	11.80	52.66	183.35
2040	19208	26.46	10.42	4.16	11.80	52.84	183.75
2041	19336	26.63	10.42	4.16	11.80	53.01	184.15
2042	19464	26.81	10.42	4.16	11.80	53.19	184.55
2043	19593	26.99	10.42	4.16	11.80	53.37	184.96
2044	19723	27.17	10.42	4.16	11.80	53.54	185.37
2045	19854	27.35	10.42	4.16	11.80	53.72	185.78
2046	19986	27.53	10.42	4.16	11.80	53.91	186.19
2047	20119	27.71	10.42	4.16	11.80	54.09	186.61
2048	20252	27.89	10.42	4.16	11.80	54.27	187.03

Tabla 1.23. Aportes Residuales en el Horizonte de Diseño
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S., 2022

1.5 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

El objetivo de los trabajos Topográficos es la representación de la morfología del terreno, se realizará un levantamiento planimétrico y altimétrico, estableciendo amarres, con coordenadas y cotas reales que permitan la posterior ubicación de los elementos.

Se indicará los aspectos más sobresalientes, tales como clase de instrumentos, grado de precisión, sistema empleado, chequeos, errores lineales, angulares y de nivelación, igualmente, las diferencias planimétricas y altimétricas.

La información topográfica básica y sus atributos más representativos hacia un sistema de información geográfica desde el cual se puedan generar fácilmente los modelos hidráulicos para el análisis de alternativas.

Durante los levantamientos topográficos de campo para redes y obras puntuales, adicionalmente se deberá localizar las redes de otros servicios públicos disponibles a lo largo de los trazados (gas natural, energía eléctrica, telefonía, etc.).

Se realizará el levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico del área circunscrita dentro del perímetro urbano, las áreas de expansión, así como las demás obras afectas a la prestación de los servicios de saneamiento tales como estructuras y redes de alcantarillado, objeto de los estudios y diseños, deberá ser compatible con el sistema de información geográfica existente en la entidad contratante.

A continuación, se indica el diagrama de trabajo para el estudio topográfico del contrato:

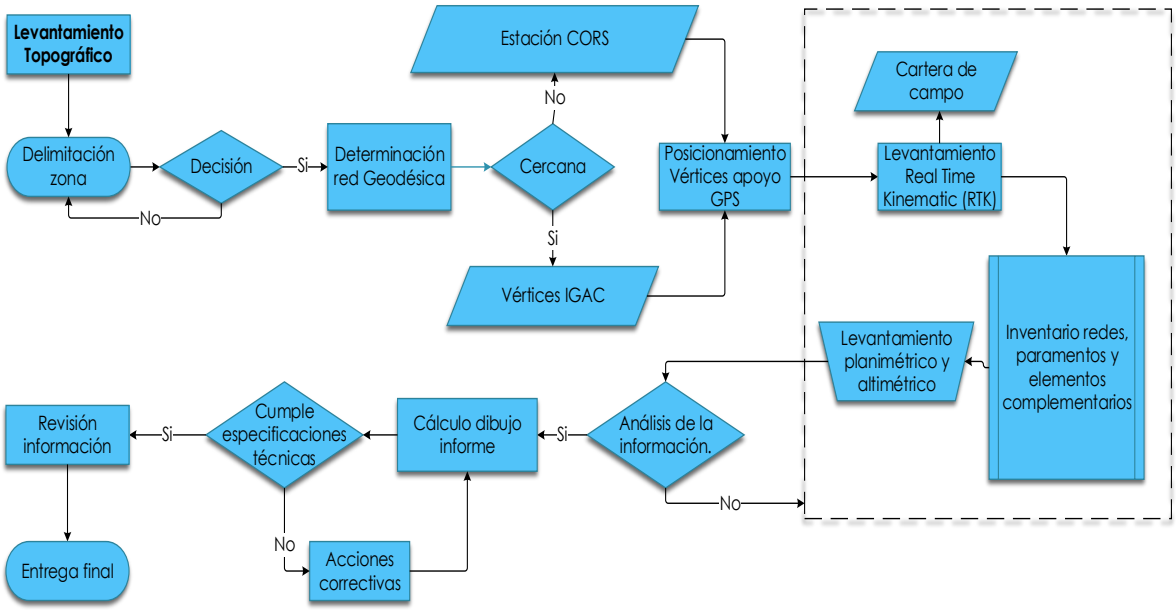


Figura 1.22. Estudios Topográficos
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S., 2022

La información relacionada a la topografía se encuentra en el Anexo 6 "Estudio Topográfico".

1.6 CATASTRO REDES ALEDAÑAS AL COLECTOR

Como se mencionó con anterioridad, la problemática ambiental que aqueja al principal cuerpo hídrico superficial de la cabecera municipal, la quebrada El Espinal, es su contaminación por la descarga directa de distintos vertimientos sobre su cauce, lo que no solo ha deteriorado la calidad del agua sino también la calidad de vida de los hogares o comunidades colindantes a ella.

En consecuencia, los estudios previos del contrato definieron que el colector deberá recolectar el caudal aportante por el sector norte del alcantarillado municipal, el cual se encuentra conformado por la Comuna Cuatro y cuenta con un total de 5,217 usuarios.

Las actividades de catastro llevadas a cabo por la Consultoría, permitieron delimitar las redes de alcantarillado del sector norte que drenan a la quebrada y así definir sus características. En la siguiente figura se observan las redes de alcantarillado de interés para el proyecto:

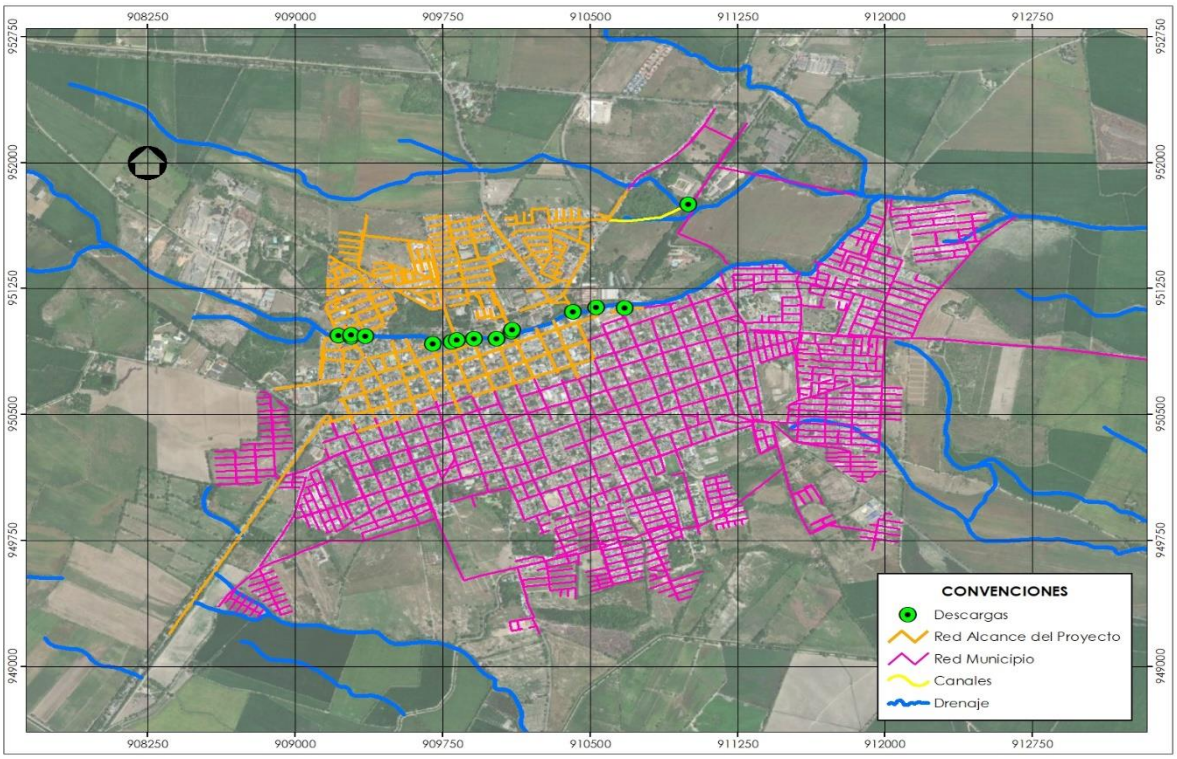


Figura 1.23. Redes de Alcantarillado del Sector Norte
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.6.1 CARACTERÍSTICAS REDES DE ALCANTARILLADO

Se encontró que las redes de alcantarillado de interés presentan una longitud total de 34,980.30 metros, de la cual 7319.70 m corresponden a tramos conformados por tubería PCV (20.9%), 1009.20 m por tubería de Gres (2.9%) y 26651.40 m por tubería de concreto (76.2%), tal y como se aprecia en la siguiente tabla.

MATERIAL	DIAMETROS (pulgadas)	TRAMOS	LONGITUD (m)	PORCENTAJE
PVC	8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 27, 30	147	7,319.70	20.9%
Gres	8, 10, 12, 16, 20	20	1,009.20	2.9%
Concreto	6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 21, 24, 27, 36, 40, 44, 48	392	26,651.40	76.2%
TOTAL		**559**	**34,980.30**	**100.0%**

Tabla 1.24. Distribución de la Red de Alcantarillado por Material
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

En la siguiente figura se presenta la distribución de la red por material:

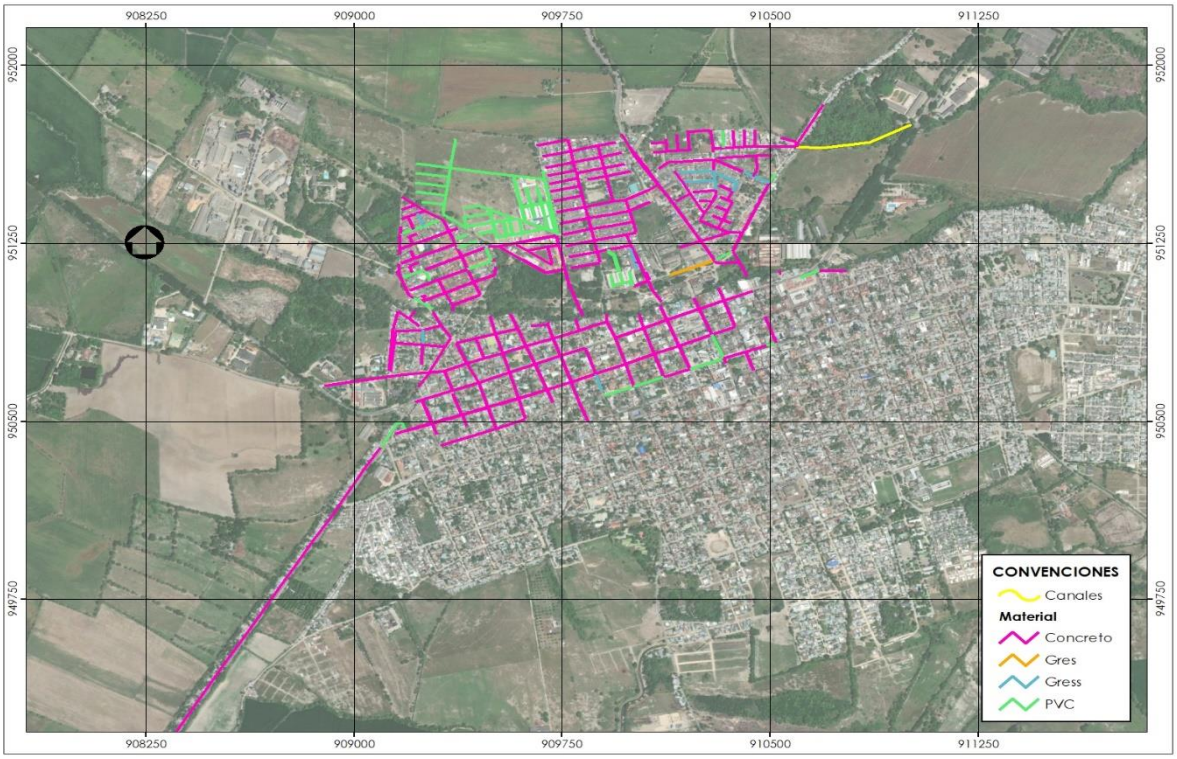


Figura 1.24. Distribución Redes de Alcantarillado por Material
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

De igual forma se identifica que los principales diámetros que conforman la red son los de 8" (14.9%), 10" (28.9%), 12" (21.5%), 16" (9.9%) y 20 (10.4%) pulgadas; en la siguiente tabla se presenta la distribución por diámetros que presenta la red.

DIAMETRO (pulg)	No. TRAMOS	LONGITUD	PORCENTAJE
6	1	68.00	0.2%
8	93	5,222.40	14.9%
10	154	10,105.90	28.9%
12	115	7,522.80	21.5%
14	17	1,383.90	4.0%
16	55	3,474.60	9.9%
18	4	221.10	0.6%
20	63	3,625.30	10.4%
21	3	154.30	0.4%
24	20	1,330.80	3.8%
27	11	591.20	1.7%
30	1	104.80	0.3%
36	17	912.70	2.6%
40	2	128.60	0.4%
44	2	83.10	0.2%
48	1	50.80	0.1%
TOTAL	**559.00**	**34,980.30**	**100.0%**

Tabla 1.25. Distribución de la Red de Alcantarillado por Diámetro
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

En la siguiente figura se presenta la distribución de la red por diámetro:

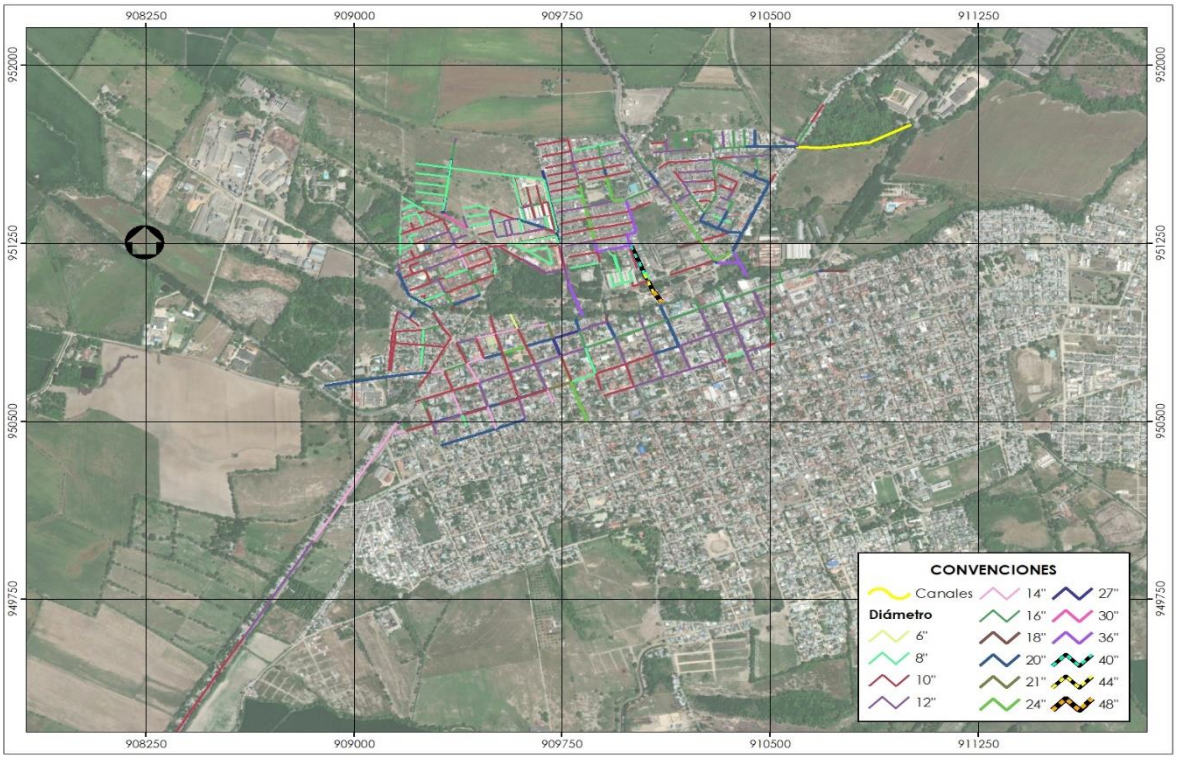


Figura 1.25. Distribución Redes de Alcantarillado por Diámetro
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

La red cuenta con 37 tramos de tubería en contrapendiente, lo que se atribuye a una deficiencia constructiva y es indicativo de un mal funcionamiento de la red. Sin embargo, tan solo el 4.8% de la red presenta este problema, mientras que el 85.0% de la red presenta pendientes del 0% al 1.5%.

PENDIENTE	N° TRAMOS	LONGITUD (m)	PORCENTAJE
< 0%	37	1,686.00	4.8%
0%-0.5%	236	15,816.40	45.2%
0.5%-1%	153	10,126.60	28.9%
1%-1.5%	53	3,776.70	10.8%
1.5% -2%	25	1,453.40	4.2%
2%-4%	31	1,644.30	4.7%
4%-8%	14	355.30	1.0%
>8%	10	121.60	0.3%
TOTAL	**559**	**34,980.30**	**100.0%**

Tabla 1.26. Rangos de Pendiente en la Red
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

De acuerdo con la Resolución 0330 de 2017, la profundidad mínima a la cota clave debe ser:

DESCRIPCIÓN	VALOR DE REFERENCIA	NORMA APLICABLE
En cruces de vías y en la entrada de garajes	1 m	Resolución 0330 de 2017
Tramos ubicados dentro de los lotes residenciales	0.30 m	
Tramos ubicados en la acera	0.60 m	

Tabla 1.27. Profundidad Mínima a Cota Clave para Redes
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

En relación con la profundidad máxima a cota clave, el Reglamento Técnico RAS, establece textualmente lo siguiente "*…Se estima que el límite técnico-económico de instalación de tuberías en un sistema de alcantarillado a través de la metodología de excavación con zanja abierta, está alrededor de los 5 m de profundidad, aunque las técnicas de instalación utilizando perforación dirigida, microtunelización, etc., pueden permitir profundidades mayores…*"

DESCRIPCIÓN	VALOR DE REFERENCIA	NORMA APLICABLE
Metodología de excavación con zanja abierta	5 m	RAS
Perforación dirigida, microtunelización	>5 m	RAS

Tabla 1.28. Profundidad Máxima a Cota Clave para Redes
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

En la siguiente tabla presenta la información referente a la profundidad a clave al inicio de cada tramo de la red:

PROFUNDIDAD	No. TRAMOS	LONGITUD (m)	POCENTAJE
Superficial	1	3.40	0.0%
0.00 - 0.50	26	1,477.40	4.2%
0.51-1.00	176	11,223.30	32.1%
1.01-1.50	139	8,886.30	25.4%
1.51-2.00	106	6,755.90	19.3%
2.01-2.50	63	3,718.70	10.6%
2.51 - 3.00	32	1,912.50	5.5%
3.00-3.50	10	536.50	1.5%
3.50-4.00	4	334.00	1.0%
4.00-5.00	1	114.50	0.3%
>5.00	1	17.80	0.1%
TOTAL	**559**	**34,980.30**	**100.0%**

Tabla 1.29. Profundidad a Clave Inicial
Fuente. Ingeniería Consultoría Nacional INALCON, S.A.S., 2018

En la siguiente tabla presenta la información referente a la profundidad a clave al final de cada tramo de las redes de alcantarillado objeto de estudio:

PROFUNDIDAD	No. TRAMOS	LONGITUD (m)	POCENTAJE
Superficial	6	323.20	0.9%
0.00 - 0.50	12	596.10	1.7%
0.51-1.00	127	7,607.90	21.7%
1.01-1.50	135	8,350.90	23.9%
1.51-2.00	132	8,889.40	25.4%
2.01-2.50	81	5,472.90	15.6%
2.51 - 3.00	40	2,031.90	5.8%
3.00-3.50	12	678.30	1.9%
3.50-4.00	7	533.10	1.5%
4.00-5.00	6	457.80	1.3%
>5.00	1	38.80	0.1%
TOTAL	**559**	**34,980.30**	**100.0%**

Tabla 1.30. Profundidad a Clave Final
Fuente. Ingeniería Consultoría Nacional INALCON, S.A.S., 2018

Como se observa en las tablas anteriormente presentadas, menos del 5% de la red presenta una cobertura inferior al mínimo recomendado por la normatividad, e incluso algunos tramos se encuentran sobre el terreno. Además, se puede concluir que todos se encuentran

por debajo de la profundidad máxima de 5 m, lo que permite inferir que su construcción se realizó empleando la metodología de excavación de zanjas abiertas.

Adicionalmente, se identifica que el sistema de alcantarillado cuenta con un canal en concreto reforzado de 427.6 m de longitud, localizado al costado Nor-Oriental de la cabecera municipal, el cual transporta y descargan sobre la quebrada los aportes del proyecto urbanístico Villa Luz Dary y el conjunto residencial Villa Marcela; este canal se aprecia en la siguiente figura:



Figura 1.26. Canal de las Redes de Alcantarillado
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.6.2 CARACTERÍSTICAS POZOS DE INSPECCIÓN

Las redes se conectan mediante 559 pozos de inspección, los cuales, según su profundidad, se distribuyen como se presenta en la siguiente tabla:

RANGO DE PROFUNDIDAD	CANTIDAD DE POZOS	PORCENTAJE
Menor de 0.6 m	9	1.6%
0.61 m – 1.50 m	258	46.2%
1.51 m – 3.00 m	245	43.8%
3.01 m – 5.00 m	46	8.2%
5.01 m – 7.00 m	0	0.0%
Mayor de 7 .01 m	1	0.2%
TOTAL	**559**	**100.0%**

Tabla 1.31. Distribución Pozos de Inspección
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

La Resolución 0330 de 2017, en su Artículo 154 Requisitos de diseño de Estructuras de Conexión, indica "…*Para tuberías mayores de 900 mm o profundidades mayores a 7 m,*

medidos entre cota hasta cota batea de la tubería más baja, se debe realizar un diseño hidráulico y estructural de acuerdo con las condiciones particulares de la conexión…".

Según lo anterior, la profundidad máxima para los pozos de inspección será de 7m; en este caso se encuentra que los pozos de las redes de alcantarillado del sector norte no superan los 5 m, a excepción de un solo pozo.

1.6.3 IDENTIFICACIÓN DE VERTIMIENTOS

Igualmente, se identificaron Quince (15) descargas o vertimientos sobre la quebrada El Espinal, cuyas coordenadas de ubicación se presentan en la siguiente tabla:

DESCARGA	COTA RASANTE (m)	COTA BATEA (m)	COORDENADA ESTE (m)	COORDENADA NORTE (m)
D3	321.1	320.6	909,285.61	950,973.81
D4	320.75	317.8	909,286.84	950,963.81
D5	319.53	316.33	909,911.88	950,952.06
D6	320.8	318.53	909,797.89	950,932.36
D7	321.59	316.66	909,702.54	950,920.59
D8	318.27	317.77	909,220.93	950,967.82
D9	321.39	319.9	909,358.05	950,966.75
D12	317.92	315.8	910,415.65	951,111.52
D13	320.71	317.8	909,824.01	950,943.34
D18	318.51	315.5	910,107.31	951,003.00
D19	318.46	317.5	910,102.14	950,990.58
D20	314.35	314.35	910,534.51	951,135.45
D22	319.55	317	910,027.97	950,952.20
D24	316.19	313	910,679.22	951,133.87
D35	316.04	313	911,003.53	951,749.08

Tabla 1.32. Descargas a la Quebrada El Espinal
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

En la siguiente figura se presenta la ubicación de las descargas descritas anteriormente.



Figura 1.27. Descargas a la Quebrada El Espinal
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

A partir de los vertimientos identificados, la Consultoría define los subsistemas de alcantarillado que descargan a la quebrada, los cuales se pueden observar en la siguiente figura:

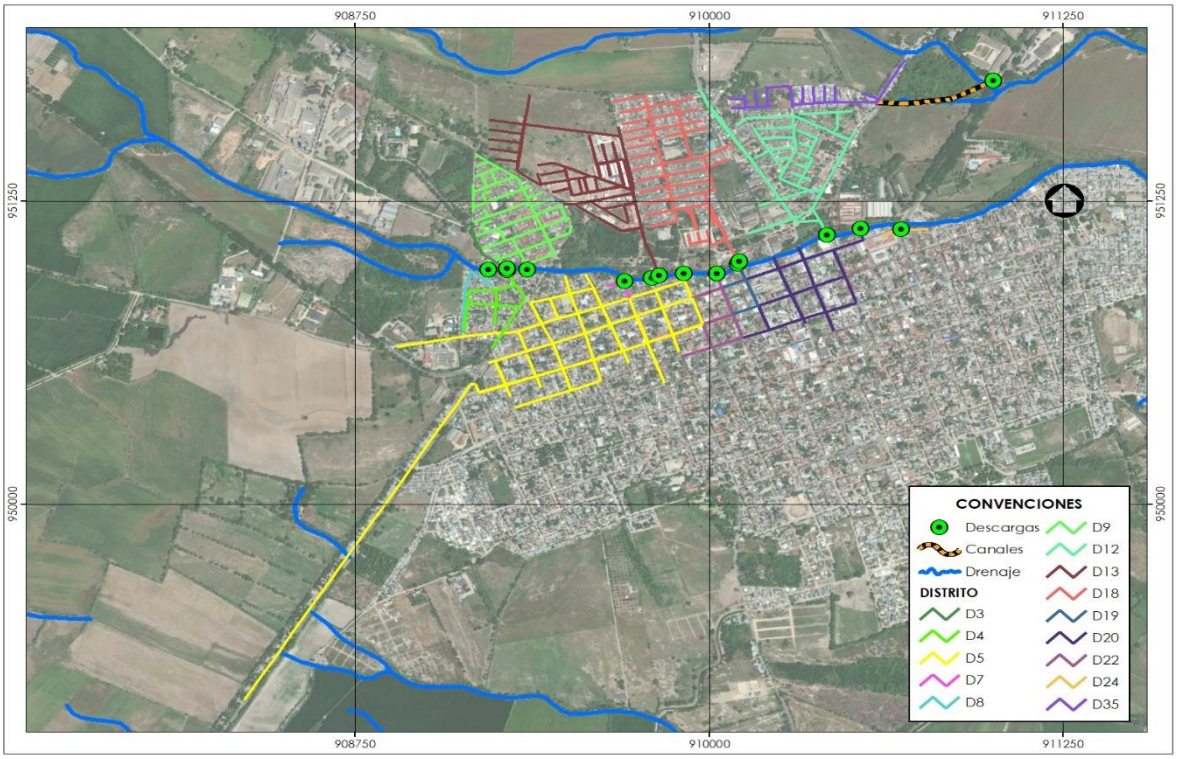


Figura 1.28. Subsistemas de Alcantarillado
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.7 EVALUACIÓN HIDRÁULICA REDES EXISTENTES

Una vez definidas las características geométricas, topológicas y de conectividad de las redes existentes aledañas al Colector Norte, se procede a realizar su evaluación hidráulica, la cual cuenta con Tres (3) etapas:

- **Investigación del Sistema:** Esta etapa del proceso está representado en el catastro de alcantarillado, la cual parte de la investigación de campo, la investigación de redes y la obtención de la información funcional en el sitio del sistema.

- **Construcción del Modelo Hidráulico:** Con base en la información topológica y de conectividad obtenida de la investigación de redes, se define una codificación y una estructura de datos para armar el modelo hidráulico en plataforma SewerGems. Esta se refiere a la información geométrica y de aportes de caudales, así como información cualitativa de los tramos (rugosidad, pendientes, etc.).

- **Evaluación Hidráulica:** La etapa final de la evaluación hidráulica, se logra cuando al modelo construido se le cargan los insumos asociados a: Caudales Domésticos y de Otros Usos, Caudales por Infiltración y Conexiones Erradas, etc. Estos parámetros son definidos en el Capítulo 1.4.3 Estimación y Proyección de Aportes de Aguas Residuales y finalmente se obtienen los resultados numéricos y calificativos de la red según los valores calculados y los parámetros definidos como rangos o valores normativos (velocidad, fuerza tractiva, relación de capacidad, etc.).

1.7.1 PARÁMETROS HIDRÁULICOS

La definición de los parámetros hidráulicos que propenden por el buen funcionamiento del sistema, están en parte consignados en la Resolución 0330 y el Reglamento Técnico RAS, los cuales están asociados a:

- Ecuación para el Cálculo de Flujo Uniforme.
- Coeficiente de rugosidad
- Diámetro mínimo
- Empates por línea de energía
- Capacidad Hidráulica, Relación Máxima entre el Caudal de Diseño y el Caudal a Tubo Lleno
- Velocidades Mínimas y Máximas
- Fuerzas Tractivas
- Régimen de flujo

Teniendo en cuenta los parámetros hidráulicos anteriormente mencionados, se realizará a continuación la evaluación de las redes existentes aledañas al Colector Norte para dos escenarios, el escenario de inicio (año 2023) y fin (año 2048) del periodo de diseño del sistema.

1.7.1.1 ECUACIÓN PARA EL CÁLCULO DE FLUJO UNIFORME

En el Articulo 137. Diseño y modelación hidráulica de redes de alcantarillado, de la Resolución 330 del 2017, se establece que en general, los colectores deben diseñarse con conducciones a flujo libre por gravedad. El flujo de aguas residuales en una red de alcantarillado para su recolección y evacuación no es permanente. Sin embargo, la modelación hidráulica de la sección de un colector puede hacerse suponiendo que el flujo en éste es uniforme. Existen varias fórmulas de flujo uniforme apropiadas para este propósito, dentro de las cuales están la de Chézy y la de Manning. No obstante, la fórmula de Manning es la más utilizada en la práctica. Esta es la ecuación que empleara el consultor y establece:

$$Q = 1/n\ A\ R^{2/3}\ S^{1/2}$$

Donde:

Q : Caudal de circulación en la tubería expresado en m^3/s.
n : Coeficiente de rugosidad de Manning, adimensional.
PVC= 0.011.
Gres= 0.013.
Concreto= 0.015.
PEAD= 0.011.
A : Área de la sección mojada de la tubería, expresada en m^2.
R : Radio hidráulico de la sección de la tubería, expresado en m.
S : Pendiente del gradiente hidráulico y/o pendiente de la tubería, en tanto por uno.

El radio hidráulico (R), se calcula como la relación entre el área mojada de sección hidráulica y el perímetro mojado de la sección, esto es:

$$R = A/P$$

Donde:

P : Perímetro mojado de la sección hidráulica, expresado en m.

1.7.1.2 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

En el Reglamento Técnico RAS, se exponen los valores del coeficiente de rugosidad de Manning para varios materiales, los cuales se muestran a continuación:

VALORES DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANING	
CONDUCTOS CERRADOS	
MATERIAL	**n**
Asbesto – cemento	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior liso	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior rugoso	0.015 - 0.017
Concreto fundido en sitio, formas lisas	0,012 - 0,015
Concreto fundido en sitio, formas rugosas	0,015 - 0,017
Gres vitrificado	0.011 - 0.015
Hierro dúctil revestido interiormente con cemento	0.011 - 0.015
PVC, polietileno y fibra de vidrio con interior liso	0.010 - 0.015
Metal corrugado	0.022 - 0.026
Colectores de ladrillo	0.013 - 0.017
CONDUCTOS ABIERTOS	
MATERIAL	**n**
Canal revestido en ladrillo	0.012 - 0.018
Canal revestido en concreto	0.011 - 0.020
Canal excavado	0.018 - 0.050
Canal revestido rip-rap	0.020 - 0.035

Tabla 1.33. Coeficiente de Rugosidad de Manning
Fuente. Reglamento Técnico RAS

1.7.1.3 DIÁMETRO MÍNIMO

El diámetro interno real mínimo permitido, según la Resolución 330 del 2017, en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales tipo alcantarillado, se muestra en la siguiente tabla.

COMPONENTE	PARÁMETRO	VALOR DE REFERENCIA	VALOR (pulg)
Sanitario	Diámetros Mínimos en los colectores	170 mm	8
Pluvial y combinado		277 mm	10

Tabla 1.34. Diámetro Mínimo
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.7.1.4 EMPATES POR LÍNEA DE ENERGÍA

Según Ven Te Chow en su libro "Hidráulica de canales abiertos" "…*Un correcto empate por la línea de energía es aquel donde la elevación de la línea de energía del colector de salida es menor que la de los colectores de llegada (Afluentes)*…".

Este tipo de empate es usado para cualquier diámetro y para régimen de flujo subcritico o supercrítico. En cualquier caso, el empate por línea de energía consiste en igualar la cota de energía del colector principal entrante al pozo, con la cota de energía del colector saliente.

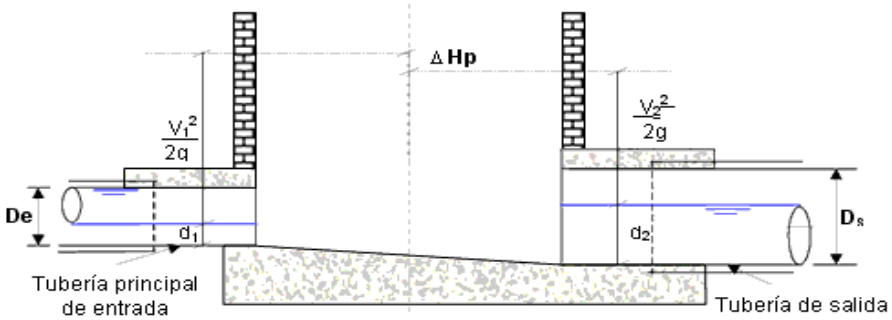


Figura 1.29. Empate de los Colectores por Línea de Energía
Fuente. Página web. Ingenierocivilinfo.com

Al realizar el empate de la tubería se producen perdidas de energía por cambio de dirección y debido a la intersección. La consideración de las perdidas en el pozo, involucra una diferencia de altura entre la línea de energía saliente y la línea de energía del colector principal que llega al pozo.

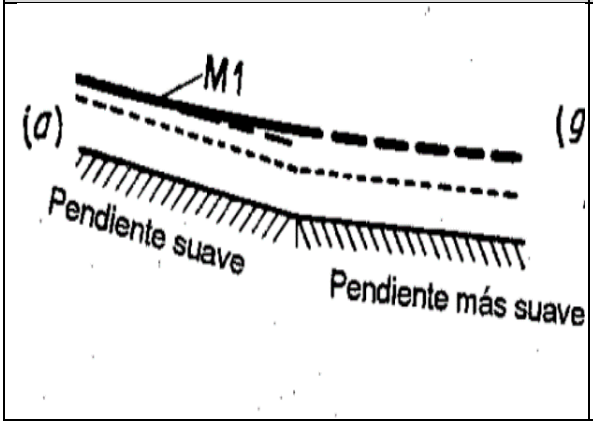
$$\Delta H_y = \Delta H_c + \Delta H_e$$

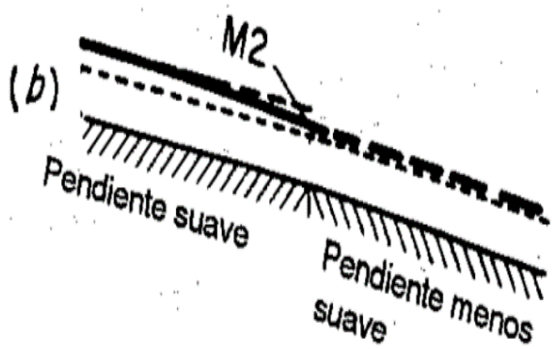
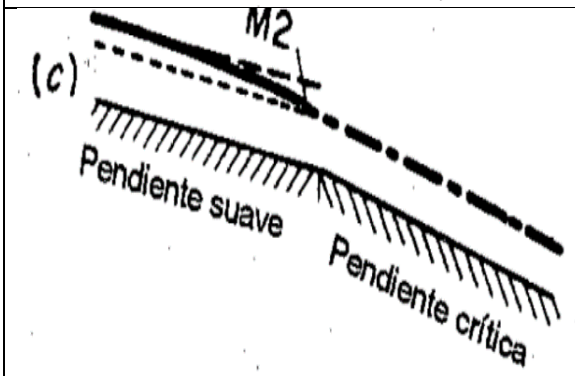
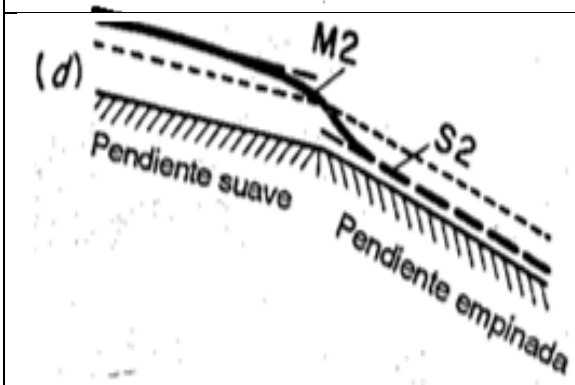
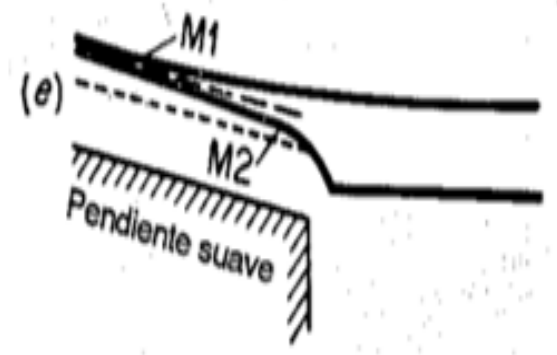
Donde,

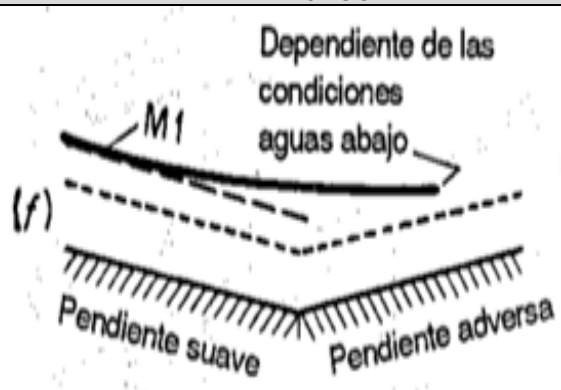
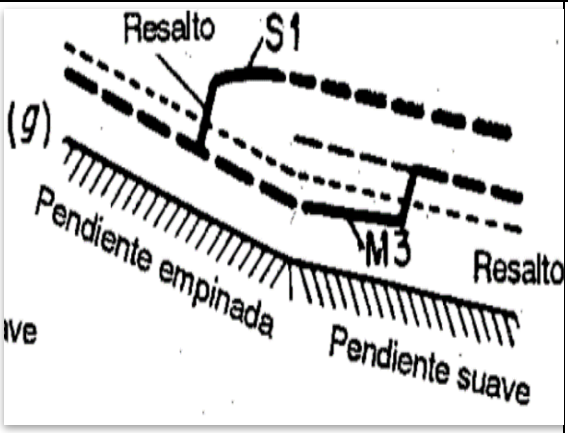
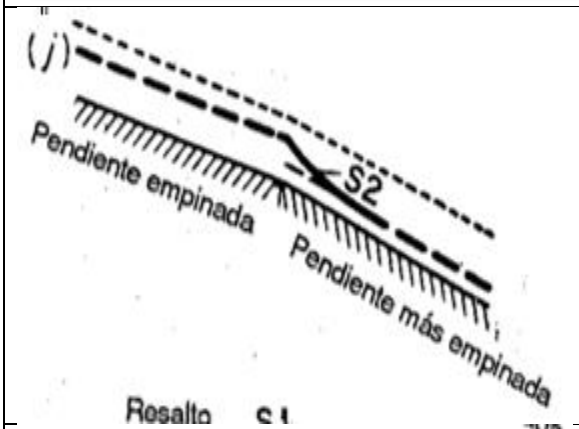
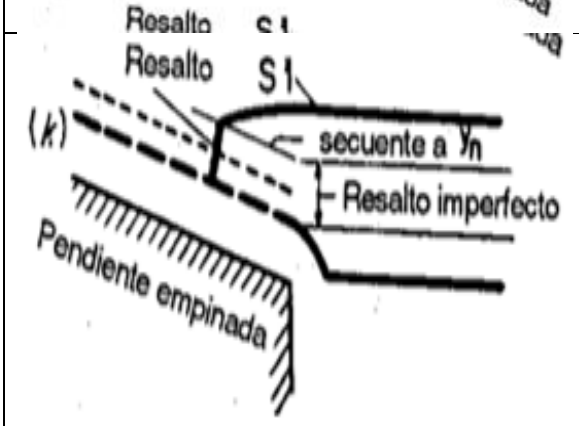
ΔH_c =perdida de energía por el cambio de dirección
ΔH_e = perdida de energía por la transición.

Los empalmes de energía pueden ocasionar la presencia de resaltos hidráulicos dentro de los pozos de inspección y por ende su deterioro u obstrucción. Por esta razón la modelación se realizó con el fin de mantener la línea de energía estable. A menudo un tramo es muy corto y asemeja una transición entre una caída hidráulica y un flujo uniforme, debido a que empieza aguas arriba con una caída vertical en la profundidad crítica y es tangente a la línea de profundidad normal en el extremo de aguas abajo.

Para una mejor comprensión de los perfiles hidráulicos, se presentan a continuación, los perfiles hidráulicos que se estudian en el sistema.

PERFIL HIDÁULICO	DESCRIPCIÓN
	El perfil M1 ocurre cuando el extremo de aguas abajo de un canal se sumerge en un embalse hasta una profundidad mayor que la profundidad normal del flujo del canal, pasando de una pendiente suave a una más suave.

PERFIL HIDÁULICO	DESCRIPCIÓN
	El perfil M2 ocurre cuando el fondo del canal en el extremo de aguas abajo se sumerge en un embalse con una profundidad menor que la normal con una pendiente suave a menos suave.
	Si la cantidad de sumergencia en el extremo de aguas abajo es menor que la profundidad critica, el perfil terminara abruptamente, con su extremo tangente a una línea vertical en una profundidad igual a la profundidad critica
	El perfil M2, implica la formación de una caída hidráulica. Si la profundidad de sumergencia en el extremo de aguas abajo es mayor que la profundidad critica, entonces se formará tanto perfil como agua haya por encima de la superficie del embalse. El perfil S2 es la curva de caída, a menudo es muy corto y semeja una transición entre una caída hidráulica y un flujo uniforme, debido a que empieza aguas arriba.
	El perfil M1 ocurre cuando el extremo de aguas abajo de un canal se sumerge en un embalse hasta una profundidad mayor que la profundidad normal del flujo del canal. El perfil M2 ocurre cuando el fondo del canal en el extremo de aguas abajo se sumerge en un embalse con una profundidad menor que la normal

PERFIL HIDÁULICO	DESCRIPCIÓN
	Perfil M1 profundidad mayor que la profundidad normal del flujo del canal, empieza pendiente suave a pendiente adversa, depende de las condiciones de aguas abajo. El perfil M1 ocurre cuando el extremo de aguas abajo de un canal se sumerge en un embalse hasta una profundidad mayor que la profundidad normal del flujo del canal.
	El perfil S1empieza con un resalto en el extremo de aguas arriba y se vuelve tangente a la horizontal a en el extremo de aguasa abajo, luego el perfil M3 empieza desde el fondo del canal de aguas arriba, con un ángulo de pendiente vertical o un a un ángulo agudo. El resalto hidráulico puede ocurrir en el canal de aguas arriba o en el canal de aguas abajo dependiendo de la pendiente relativa de los dos canales, en este caso, el resalto ocurrirá en el canal de aguas abajo si la profundidad normal de este canal es comparativamente pequeña.
	El perfil S2 es una curva de caída. A menudo es muy corto y semeja una transición entre una caída hidráulica y un flujo uniforme, debido a que empieza aguas arriba con una pendiente vertical en la profundidad crítica y es tangente a la línea de profundidad normal en el extremo de aguas abajo. El perfil j muestra el cambio de pendiente de una empinada a más empinada.
	El perfil S1 empieza con un resalto en el extremo de aguas arriba y se vuelve tangente a la horizontal en el extremo de aguas abajo.

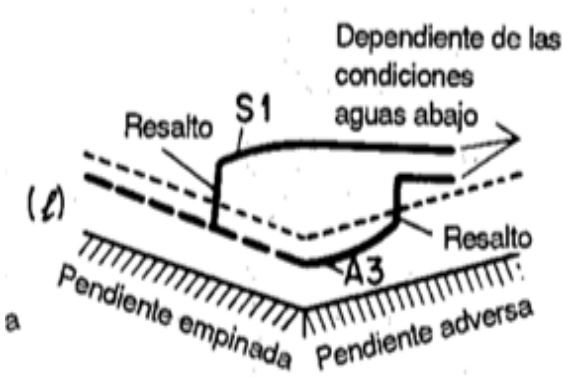
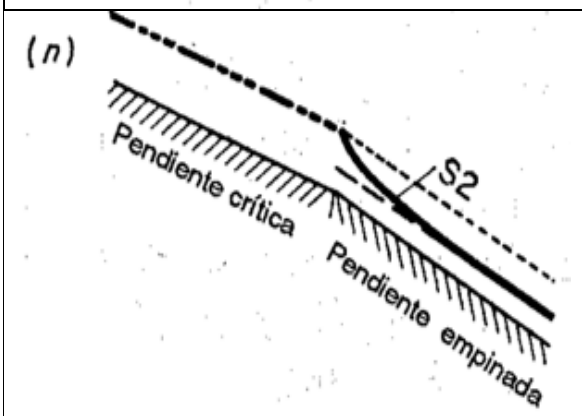
PERFIL HIDÁULICO	DESCRIPCIÓN
	El resalto hidráulico puede ocurrir en el canal de aguas arriba o en el canal de agua abajo dependiendo de la pendiente relativa de los dos canales
	El perfil S2 es una curva de caída. A menudo es muy corto y semeja una transición entre una caída hidráulica y un flujo uniforme, debido a que empieza aguas arriba con una pendiente vertical en la profundidad crítica y es tangente a la línea de profundidad normal en el extremo de aguas abajo. El perfil n muestra el cambio de pendiente de una crítica a más empinada.

Tabla 1.35. Perfiles Hidráulicos
Fuente. Hidráulica de Canales Abiertos de Ven Te Chow

1.7.1.5 CAPACIDAD HIDRÁULICA

La relación hidráulica entre caudal de diseño y caudal a tubo lleno se calcula teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$\frac{q}{Q} = L/s$$

Donde:

Caudal de diseño (q).
Caudal a tubo lleno (Q)

La Resolución 330 del 2017, en su Artículo 143, define que "*para permitir aireación adecuada del flujo de aguas residuales, el valor máximo permisible de la profundidad hidráulica para el caudal de diseño en un colector es de 85.00% del diámetro real de éste.*"

A su vez, en el Articulo 151 dispone que, para el alcantarillado pluvial y combinado, el valor máximo permisible de "*la profundidad del flujo para el caudal de diseño de un colector es de 93% del diámetro interno real de este, correspondiente a flujo lleno.*"

Este valor es parametrizado en la simulación hidráulica, que como se verá más adelante en los resultados de la simulación, queda claro que las verificaciones de capacidades vs

caudal de diseño se hacen considerando esta relación hidráulica. A continuación, se muestran los rangos adoptados por la consultoría para la evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado.

PARAMETRO	CAUDAL DE DISEÑO/ CAPACIDAD A TUBO LLENO q/Q	CONDICION
Capacidad	<0.5	Aceptable
	0.5 - 0.85	Capacidad Normal
	0.86 – 0.99	Capacidad Máxima
	>1	Subdimensionado

Tabla 1.36. Criterio de Evaluación por Capacidad Hidráulica Redes Sanitarias y Combinadas

Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.7.1.6 VELOCIDADES MÍNIMAS Y MÁXIMAS

Según el Reglamento Técnico RAS, en cuanto a las velocidades mínimas, establece que "*si las aguas residuales fluyen por un periodo largo a bajas velocidades, los sólidos transportados pueden depositarse dentro de los colectores. En consecuencia, se debe disponer regularmente de una velocidad suficiente para lavar los sólidos depositados durante periodos de caudal bajo. Para lograr esto, se establece la velocidad mínima como criterio de diseño. La velocidad mínima real permitida en el colector residual es 0.45 m/s y en colectores pluviales es de 0.75 m/s*".

En lo que se respecta a velocidades máximas, la Resolución 330 del 2017, establece que "*La velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar 5.0 m/s, determinada para el caudal de diseño*" sin embargo, en el Parágrafo siguiente específica "*En condiciones hidráulicas especiales y complejas como el caso de topografías con pendientes superiores al 30%, colectores de gran diámetro iguales o superiores a 600 mm o caudales de flujo superiores a 500 l/s, se permitirán velocidades de flujo superiores a 5m/s; sin embargo la velocidad máxima no deberá sobrepasar los límites de velocidad recomendados para el material del ducto y/o de los accesorios a emplear y no deberá superar los 10m/s. Las tuberías con velocidad de flujo superior a 5m/s deben seleccionarse con revestimientos internos especiales que permitan soportar el fenómeno de abrasión a largo plazo. El diseño deberá prever las protecciones del sistema y plantear las soluciones de disipación de energía necesarias*".

Este parámetro está condicionado en los resultados del modelo hidráulico y se verifica su resultado según las observaciones que se presentan en la simulación. A continuación, se muestran los rangos adoptados por la consultoría para la evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado.

PARAMETRO	VELOCIDAD REAL (m/s)	CONDICION
Velocidad	<0.3	Baja
	0.31 - 0.75	Minima
	0.76 – 3	Aceptable
	>3	Alta

Tabla 1.37. Criterio de Evaluación por Velocidad en las Redes Sanitarias y Combinadas

Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.7.1.7 FUERZAS TRACTIVAS

Por efectos hidráulicos, el esfuerzo o la fuerza cortante tractiva se define mediante la siguiente ecuación:

$$F.T. = P_e \, R \, S$$

Donde:

F.T. : Fuerza tractiva del flujo, expresado en $N/m^{2.}$
P_e : Peso específico del agua, 9.81 $KN/m^{3.}$
R : Radio hidráulico de la sección mojada, en m.
S : Pendiente de la tubería, en tanto por uno (%/100).

En cuanto a este parámetro el Reglamento Técnico RAS, establece que: "*en aquellos casos en los cuales, por las condiciones topográficas presentes, no sea posible alcanzar la velocidad mínima, debe verificarse que el esfuerzo cortante sea mayor que 1.20 N/m^2 (0.12 Kg/m^2). Cuando el sistema considerado corresponda a un sistema de alcantarillado simplificado, el valor de la velocidad mínima real es de 0.40 m/s o la correspondiente a un esfuerzo cortante mínimo de 1.00 N/m^2 (0,10 Kg/m^2). Para un sistema de colectores sin arrastre de sólidos se obvia el criterio de auto-limpieza y, por lo tanto, el de velocidad mínima.*"

A continuación, se muestran los rangos adoptados por la Consultoría para la evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado

PARAMETRO	FUERZA TRACTIVA (Kg/m^2)	CONDICION
Fuerza Tractiva	<0.1	Bajo Arrastre
	0.1 - 0.15	Aceptable
	0.16 – 3	Normal
	>3	Alto Arrastre

Tabla 1.38. Criterio de Evaluación por Fuerza Tractiva
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.7.1.8 RÉGIMEN DE FLUJO

Según el libro "*Hidráulica de canales abiertos, Ven Te Chow*", el estado o comportamiento del flujo en canales abiertos está gobernado básicamente por los efectos de viscosidad y gravedad en relación con las fuerzas inerciales del flujo..."

El efecto de la gravedad sobre el estado de flujo se representa por la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales. Esta relación está dada por el número de *Froude*, definido como:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g*L}}$$

Donde

V= Velocidad media del flujo en [pies/s].
g= La aceleración de la gravedad [$pies/s^2$]
L= Longitud característica en [pies]

En el flujo de canales abiertos, la longitud característica se hace igual a la *profundidad hidráulica D*, la cual está definida como área de sección transversal del agua perpendicular a la dirección del flujo en el canal, dividida por el ancho de la superficie libre, para canales rectangulares está en igual a la profundidad de la sección del flujo.

$$V=\sqrt{g\,D}$$

CONDICIÓN	ESTADO DE FLUJO
$V<\sqrt{g\,D}$, tiene una velocidad baja y corriente lenta	Flujo Subcrítico
$V>\sqrt{g\,D}$, el flujo tiene una alta velocidad y se describe usualmente como rápido, ultrarrápido torrencial.	Flujo supercrítico
$V=\sqrt{g\,D}$	Flujo critico

Tabla 1.39. Estados de Flujo
Fuente. Hidráulica de canales abiertos, Ven Te Chow

Para una adecuada aplicación de la ecuación de Manning, el flujo en los colectores deberá ser estable, por lo cual el Número de Froude debe ser menor de 0.90 (Subcrítico) o mayor de 1.10 (Supercrítico) .

La relación de la profundidad velocidad para el régimen subcrítico y supercrítico en un canal abierto ancho se muestra en la siguiente figura de acuerdo a lo mencionado anteriormente la línea gruesa para **F**=1 y la banda sombreada para el rango transicional laminar-turbulento se intersecan en la figura y dividen el área total en cuatro regiones, cada una de las cuales representa un régimen de flujo.

Los regímenes subcríticos laminar y supercrítico laminar, no son frecuentes en la hidráulica aplicada de canales abiertos, debido al que el flujo generalmente turbulento en los canales considerados en problemas de actualmente en los alcantarillados. Sin embargo, estos regímenes ocurren con una frecuencia cuando existe una profundidad muy pequeña, lo cual es conocido como *flujo en láminas*. En la siguiente grafica se muestra la relación profundidad de velocidad para regímenes de flujo en canales abiertos.

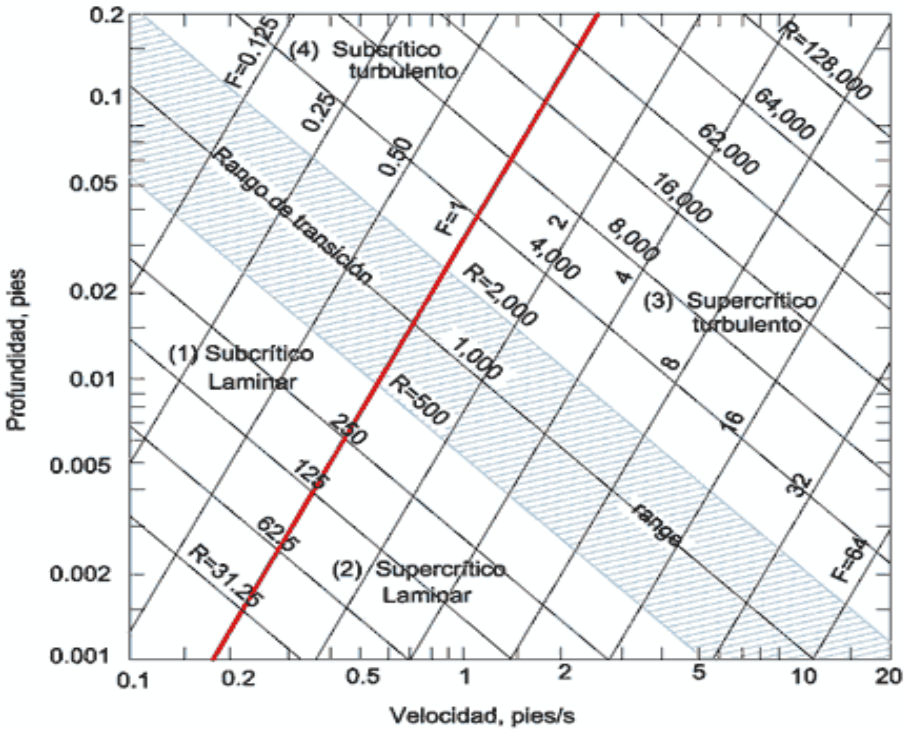


Figura 1.30. Relación Profundidad Velocidad para Regímenes de Flujo en Canales Abiertos
Fuente: Ven Te Chow Hidráulica de Canales Abiertos de acuerdo con Robertson y Rouse

A continuación, teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se muestran los rangos adoptados por la consultoría para la evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado

PARAMETRO	NUMERO DE FROUDE	CONDICION
Régimen de Flujo	<0.9	Subcritico
	1	Critico
	>1	Supercritico

Tabla 1.40. Criterio de Evaluación por Régimen de Flujo
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.7.2 ESCENARIO 1: AÑO 2023

En este escenario se modelan las redes de alcantarillado del sector norte a partir del caudal de aguas residuales estimado para este año, el cual corresponde a un valor de 195.68 L/s.

1.7.2.1 CAPACIDAD HIDRÁULICA

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para la evaluación de capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado del municipio objeto de estudio.

CAPACIDAD	TRAMOS LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
Aceptable	3,2167.25	90.84%
Capacidad Normal	354.63	1.00%
Otro	2,887.63	8.15%
TOTAL	**35,409.52**	**100.00%**

Tabla 1.41. Resultados de Capacidad Hidráulica del Sistema, Año 2023.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

En la siguiente figura se presentan los resultados de la distribución porcentual con respecto a las capacidades de las tuberías que hacen parte del alcantarillado sanitario del Municipio de El Espinal.

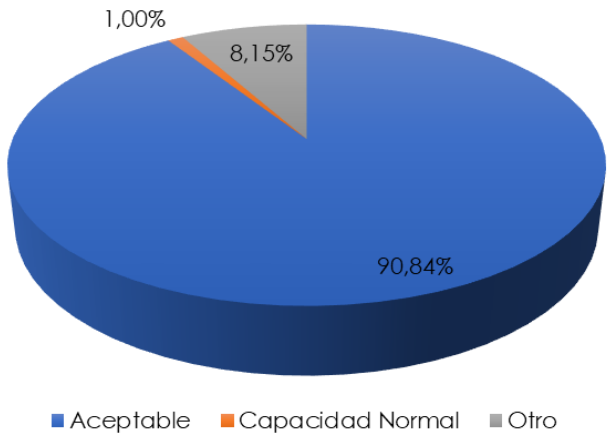


Figura 1.31. Distribución Porcentual Capacidad Hidráulica Alcantarillado, Año 2023.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Es importante aclarar que, aquellos valores obtenidos en la categoría de "Otro" se debe a que la tubería no cuenta con capacidad y/o se presentan pendientes negativas en el

sistema. Para ver en mayor detalle, ver Anexo 4. Evaluación Hidráulica, carpeta "Resultados Hidráulicos" en el archivo denominado TOL-ESP-DIA-V0.

En la siguiente figura, se observan los resultados obtenidos de la evaluación de este parámetro para cada uno de los tramos de la red del sector norte. Como se puede apreciar la mayor parte de la red presenta una capacidad igual o inferior al 20% (color verde).

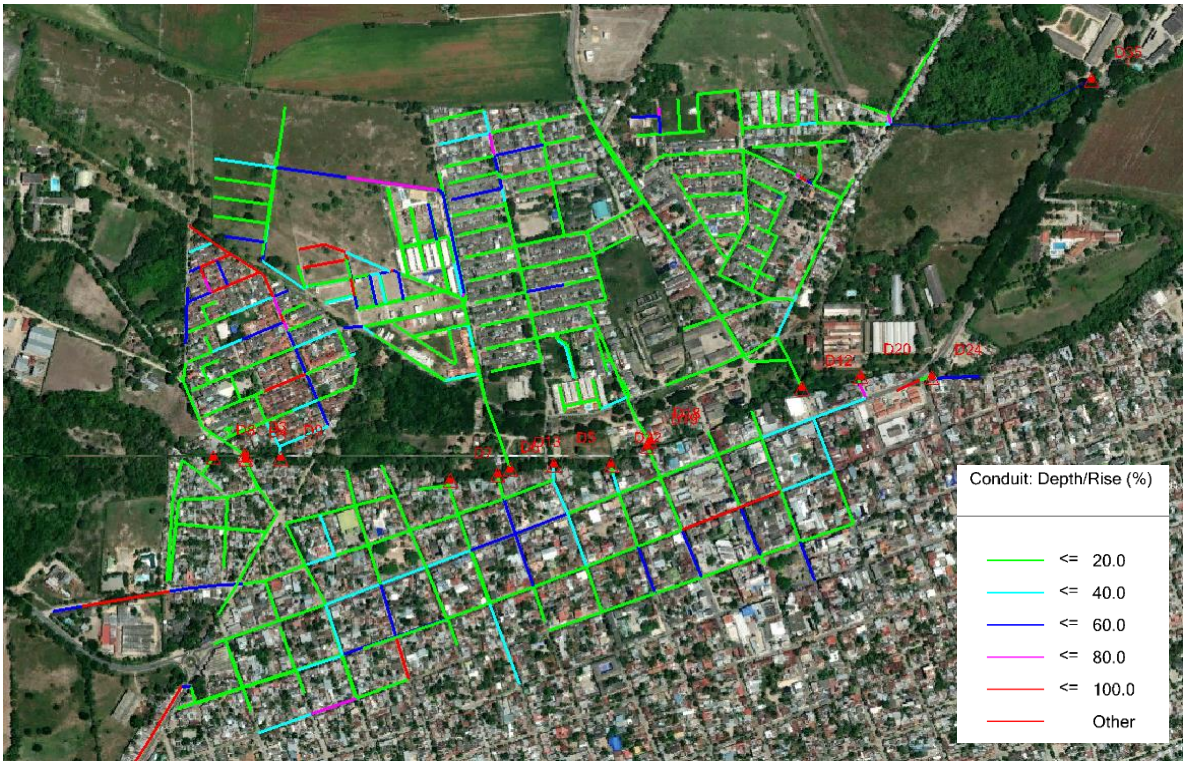


Figura 1.32. Capacidad Hidráulica del Sistema de Alcantarillado, Año 2023.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.7.2.2 VELOCIDADES MÍNIMAS Y MÁXIMAS

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para la evaluación de velocidades mínimas y máximas del sistema de alcantarillado del municipio objeto de estudio.

VELOCIDAD (m/s)	TRAMOS LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
Aceptable	32,816.56	92.68%
Máximo	40.72	0.11%
Otro	2,552.24	7.21%
TOTAL	**35,409.52**	**100.00%**

Tabla 1.42. Resultados de Velocidad del Sistema de Alcantarillado, Año 2023.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

En la siguiente figura se presentan los resultados de la distribución porcentual con respecto a evaluaciones máximas y mínimas de las tuberías que hacen parte del alcantarillado sanitario del Municipio de El Espinal.

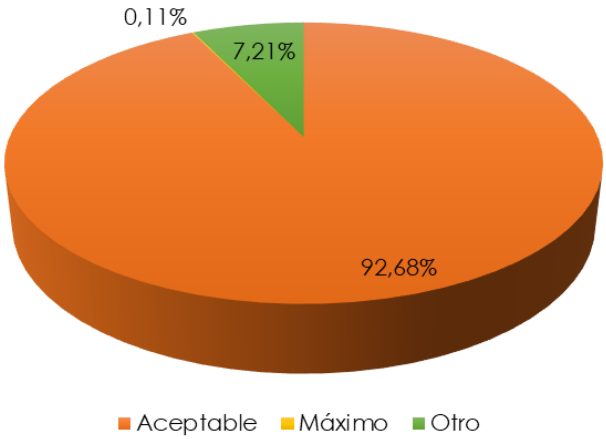


Figura 1.33. Distribución Porcentual Velocidades Alcantarillado, Año 2023.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Es importante aclarar que, aquellos valores obtenidos en la categoría de "Otro" se debe a que la tubería no cuenta con capacidad y/o se presentan pendientes negativas en el sistema. Para ver en mayor detalle, ver Anexo 4. Evaluación Hidráulica, carpeta "Resultados Hidráulicos" en el archivo denominado TOL-ESP-DIA-V0.

En la siguiente figura, se observan los resultados obtenidos de la evaluación de este parámetro para cada uno de los tramos de la red del sector norte. Como se puede apreciar la mayor parte de la red presenta velocidades igual o inferior al 1.82 m/s (color verde y azul claro).



Figura 1.34. Velocidades del Sistema de Alcantarillado, Año 2023.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.7.2.3 FUERZAS TRACTIVAS MÍNIMAS

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para la evaluación de fuerzas tractivas mínimas del sistema de alcantarillado del municipio objeto de estudio.

CAPACIDAD DE ARRASTRE	TRAMOS LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
Aceptable	19,535.54	55.17%
Alto Arrastre	40.72	0.11%
Bajo Arrastre	13,182.82	37.23%
Normal	98.20	0.28%
TOTAL	**35,409.52**	**100,00%**

Tabla 1.43. Resultados Capacidad de Arrastre Sistema de Alcantarillado, Año 2023.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

En la siguiente figura se presentan las distribuciones porcentuales de la capacidad de arrastre en el sistema de alcantarillado del municipio.

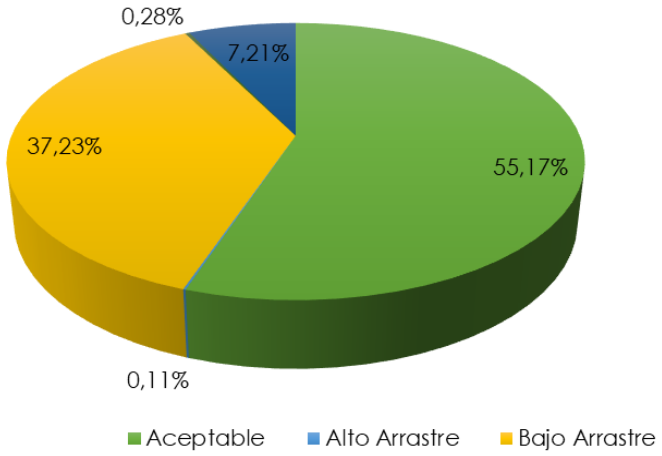


Figura 1.35. Distribución Porcentual de Capacidad de Arrastre del Sistema, Año 2023.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Es importante aclarar que, aquellos valores obtenidos en la categoría de "Otro" se debe a que la tubería no cuenta con capacidad y/o se presentan pendientes negativas en el sistema. Para ver en mayor detalle, ver Anexo 4. Evaluación Hidráulica, carpeta "Resultados Hidráulicos" en el archivo denominado TOL-ESP-DIA-V0.

En la siguiente figura, se observan los resultados obtenidos de la evaluación de este parámetro para cada uno de los tramos de la red del sector norte. Como se puede apreciar la mayor parte de la red presenta fuerza tractiva igual o inferior al 3.00 Pa (color verde y azul claro).



Figura 1.36. Capacidad de Arrastre del Sistema de Alcantarillado, Año 2023.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.7.2.4 RÉGIMEN DE FLUJO

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para la evaluación de régimen de flujo del sistema de alcantarillado del municipio objeto de estudio.

CAPACIDAD DE ARRASTRE	TRAMOS LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
Crítico	6,412.34	18.11%
Subcrítico	14,336.39	40.49%
Supercrítico	12,108.54	34.20%
Otro	2,552.24	7.21%
TOTAL	**35,409.52**	**100.00%**

Tabla 1.44. Resultados de Régimen de Flujo en el Sistema de Alcantarillado, Año 2023.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

En la siguiente figura se presentan los resultados de la distribución porcentual con respecto al régimen de flujo de las tuberías que hacen parte del alcantarillado sanitario del Municipio de El Espinal.

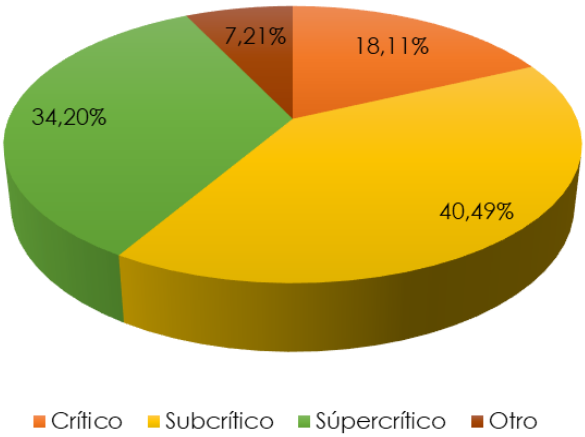


Figura 1.37. Distribución Porcentual Régimen de Flujo del Sistema, Año 2023.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Es importante aclarar que, aquellos valores obtenidos en la categoría de "Otro" se debe a que la tubería no cuenta con capacidad y/o se presentan pendientes negativas en el sistema. Para ver en mayor detalle, ver Anexo 4. Evaluación Hidráulica, carpeta "Resultados Hidráulicos" en el archivo denominado TOL-ESP-DIA-V0.

En la siguiente figura, se observan los resultados obtenidos de la evaluación de este parámetro para cada uno de los tramos de la red del sector norte. Como se puede apreciar la mayor parte de la red presenta régimen de flujo igual o inferior al 1.050 (color azul).



Figura 1.38. Régimen de Flujo del Sistema de Alcantarillado, Año 2023.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.7.3 ESCENARIO 2: AÑO 2048

En este escenario se modelan las redes de alcantarillado del sector norte a partir del caudal de aguas residuales proyectado para este año, el cual corresponde a un valor de 205.39 L/s.

1.7.3.1 CAPACIDAD HIDRÁULICA

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para la evaluación de capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado del municipio objeto de estudio.

CAPACIDAD	TRAMOS LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
Aceptable	32,158.37	90.82%
Capacidad Normal	363.51	1.03%
Otro	2,887.63	8.15%
TOTAL	**35,409.52**	**100.00%**

Tabla 1.45. Resultados de Capacidad Hidráulica del Sistema, Año 2048.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

En la siguiente figura se presentan los resultados de la distribución porcentual con respecto a las capacidades de las tuberías que hacen parte del alcantarillado sanitario del Municipio de El Espinal.

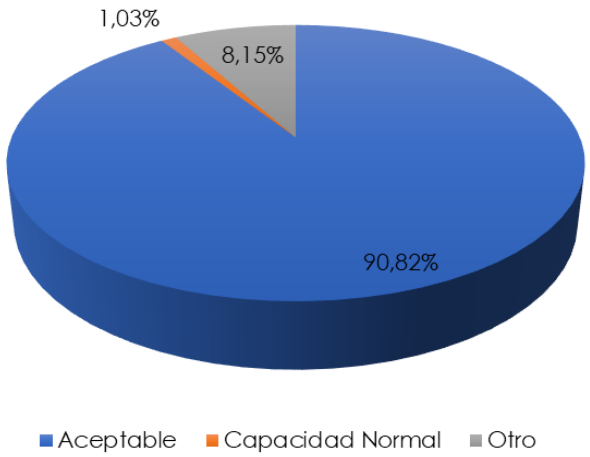


Figura 1.39. Distribución Porcentual Capacidad Hidráulica Alcantarillado, Año 2048.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Es importante aclarar que, aquellos valores obtenidos en la categoría de "Otro" se debe a que la tubería no cuenta con capacidad y/o se presentan pendientes negativas en el sistema. Para ver en mayor detalle, ver Anexo 4. Evaluación Hidráulica, carpeta "Resultados Hidráulicos" en el archivo denominado TOL-ESP-DIA-V0.

En la siguiente figura, se observan los resultados obtenidos de la evaluación de este parámetro para cada uno de los tramos de la red del sector norte. Como se puede apreciar la mayor parte de la red presenta una capacidad igual o inferior al 40% (color verde y azul claro).

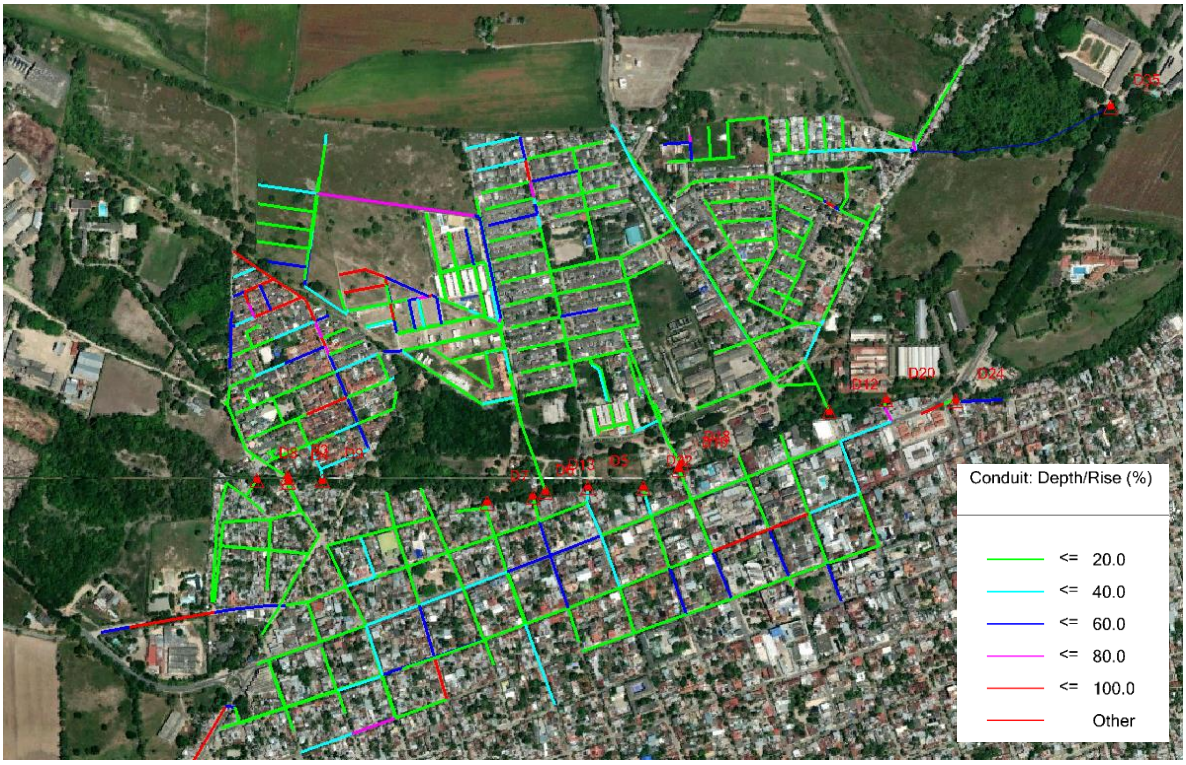


Figura 1.40. Capacidad Hidráulica del Sistema de Alcantarillado, Año 2048.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.7.3.2 VELOCIDADES MÍNIMAS Y MÁXIMAS

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para la evaluación de velocidades mínimas y máximas del sistema de alcantarillado del municipio objeto de estudio.

VELOCIDAD (m/s)	TRAMOS LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
Aceptable	32,481.16	91.73%
Máximo	40.72	0.11%
Otro	2,887.63	8.15%
TOTAL	**35,409.52**	**100.00%**

Tabla 1.46. Resultados de Velocidad del Sistema de Alcantarillado, Año 2048.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

En la siguiente figura se presentan los resultados de la distribución porcentual con respecto a evaluaciones máximas y mínimas de las tuberías que hacen parte del alcantarillado sanitario del Municipio de El Espinal.

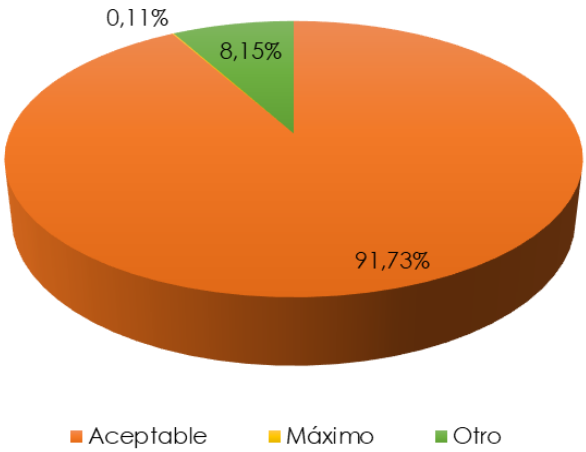


Figura 1.41. Distribución Porcentual Velocidades Alcantarillado, Año 2048.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Es importante aclarar que, aquellos valores obtenidos en la categoría de "Otro" se debe a que la tubería no cuenta con capacidad y/o se presentan pendientes negativas en el sistema. Para ver en mayor detalle, ver Anexo 4. Evaluación Hidráulica, carpeta "Resultados Hidráulicos" en el archivo denominado TOL-ESP-DIA-V0.

En la siguiente figura, se observan los resultados obtenidos de la evaluación de este parámetro para cada uno de los tramos de la red del sector norte. Como se puede apreciar la mayor parte de la red presenta velocidades igual o inferior al 0.91 m/s (color verde).



Figura 1.42. Velocidades del Sistema de Alcantarillado, Año 2048.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.7.3.3 FUERZAS TRACTIVAS MÍNIMAS

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para la evaluación de fuerzas tractivas mínimas del sistema de alcantarillado del municipio objeto de estudio.

CAPACIDAD DE ARRASTRE	TRAMOS LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
Aceptable	19,804.35	55.93%
Alto Arrastre	40.72	0.11%
Bajo Arrastre	12,578.61	35.52%
Normal	98.20	0.28%
TOTAL	**35,409.52**	**100,00%**

Tabla 1.47. Resultados Capacidad de Arrastre Sistema de Alcantarillado, Año 2048.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

En la siguiente figura se presentan las distribuciones porcentuales de la capacidad de arrastre en el sistema de alcantarillado del municipio para el año 2048.

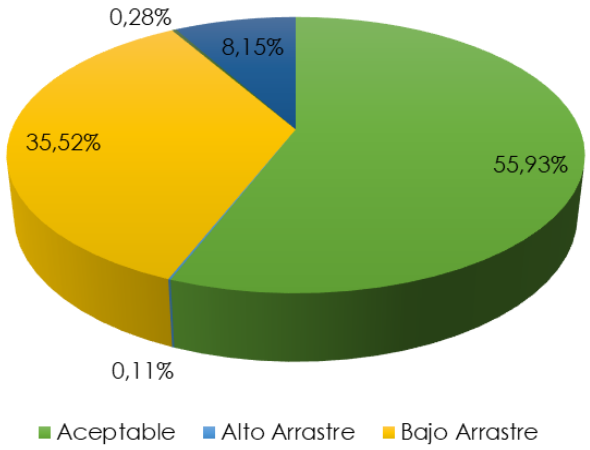


Figura 1.43. Distribución Porcentual de Capacidad de Arrastre del Sistema, Año 2048.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Es importante aclarar que, aquellos valores obtenidos en la categoría de "Otro" se debe a que la tubería no cuenta con capacidad y/o se presentan pendientes negativas en el sistema. Para ver en mayor detalle, ver Anexo 4. Evaluación Hidráulica, carpeta "Resultados Hidráulicos" en el archivo denominado TOL-ESP-DIA-V0.

En la siguiente figura, se observan los resultados obtenidos de la evaluación de este parámetro para cada uno de los tramos de la red del sector norte. Como se puede apreciar la mayor parte de la red presenta fuerza tractiva igual o inferior al 3.00 Pa (color verde y azul claro).



Figura 1.44. Capacidad de Arrastre del Sistema de Alcantarillado, Año 2048.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.7.3.4 RÉGIMEN DE FLUJO

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para la evaluación de régimen de flujo del sistema de alcantarillado del municipio objeto de estudio.

CAPACIDAD DE ARRASTRE	TRAMOS LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
Crítico	6,068.64	17.14%
Subcrítico	14,051.42	39.68%
Supercrítico	12,401.82	35.02%
Otro	2,887.63	8.15%
TOTAL	**35,409.52**	**100.00%**

Tabla 1.48. Resultados de Régimen de Flujo en el Sistema de Alcantarillado, Año 2048.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

En la siguiente figura se presentan los resultados de la distribución porcentual con respecto al régimen de flujo de las tuberías que hacen parte del alcantarillado sanitario del Municipio de El Espinal.

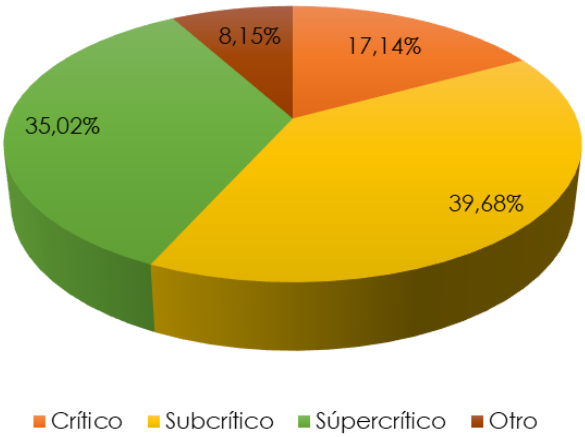


Figura 1.45. Distribución Porcentual Régimen de Flujo del Sistema, Año 2048.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Es importante aclarar que, aquellos valores obtenidos en la categoría de "Otro" se debe a que la tubería no cuenta con capacidad y/o se presentan pendientes negativas en el sistema. Para ver en mayor detalle, ver Anexo 4. Evaluación Hidráulica, carpeta "Resultados Hidráulicos" en el archivo denominado TOL-ESP-DIA-V0.

En la siguiente figura, se observan los resultados obtenidos de la evaluación de este parámetro para cada uno de los tramos de la red del sector norte. Como se puede apreciar la mayor parte de la red presenta régimen de flujo igual o inferior al 1.050 (color azul).



Figura 1.46. Régimen de Flujo del Sistema de Alcantarillado, Año 2048.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.8 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Teniendo en cuenta los estudios y análisis realizados para el sistema de alcantarillado de los sectores objeto de estudio, en este capítulo se presentan y evalúan las alternativas de solución a las necesidades de cobertura y calidad del sistema de alcantarillado sanitario del proyecto, los cuales permitirán seleccionar y recomendar la solución más óptima, a partir de un análisis de costo mínimo, ambiental, técnico, operación y mantenimiento, vulnerabilidad y predial.

Es de aclarar que, los análisis fueron realizados teniendo en cuenta el plan de expansión a largo plazo de la proyección de población del sector, los cuales fueron indispensables para el análisis del sistema de alcantarillado sanitario y capacidad del mismo. Independientemente de la alternativa a seleccionar, esta garantizará el correcto funcionamiento y la cobertura del 100% del sistema de la zona establecida junto con la comunidad en los diferentes espacios de socialización.

Con base en lo anterior, esta consultoría plantea cuatro (4) alternativas para la recolección y transporte de las aguas residuales en el sector norte del municipio. A continuación, se describen de manera detallada las alternativas propuestas para la unificación de vertimientos de la zona norte del municipio de El Espinal.

1.8.1 ALTERNATIVA 1

La alternativa No. 1 plantea la unificación de vertimientos de la zona norte del municipio mediante la construcción de un colector en material PEAD con una longitud de 6,162.1 m, la cual incluye el colector y los tramos necesarios para la unificación de descargas. Este colector iniciaría cerca de la zona industrial del municipio, el cual tendría un aporte significativo de vertimientos industriales, pasando por la vía férrea actual abandonada y cruzando por vía nacional (Carrera 4), sentido sureste, hasta la conexión al colector final existente, cuyo diámetro es de 52", con el fin de transportar todos los aportes directamente a la planta de tratamiento.

En la siguiente figura se presenta la topología general de la alternativa No. 1 para el municipio de El Espinal, departamento del Tolima.

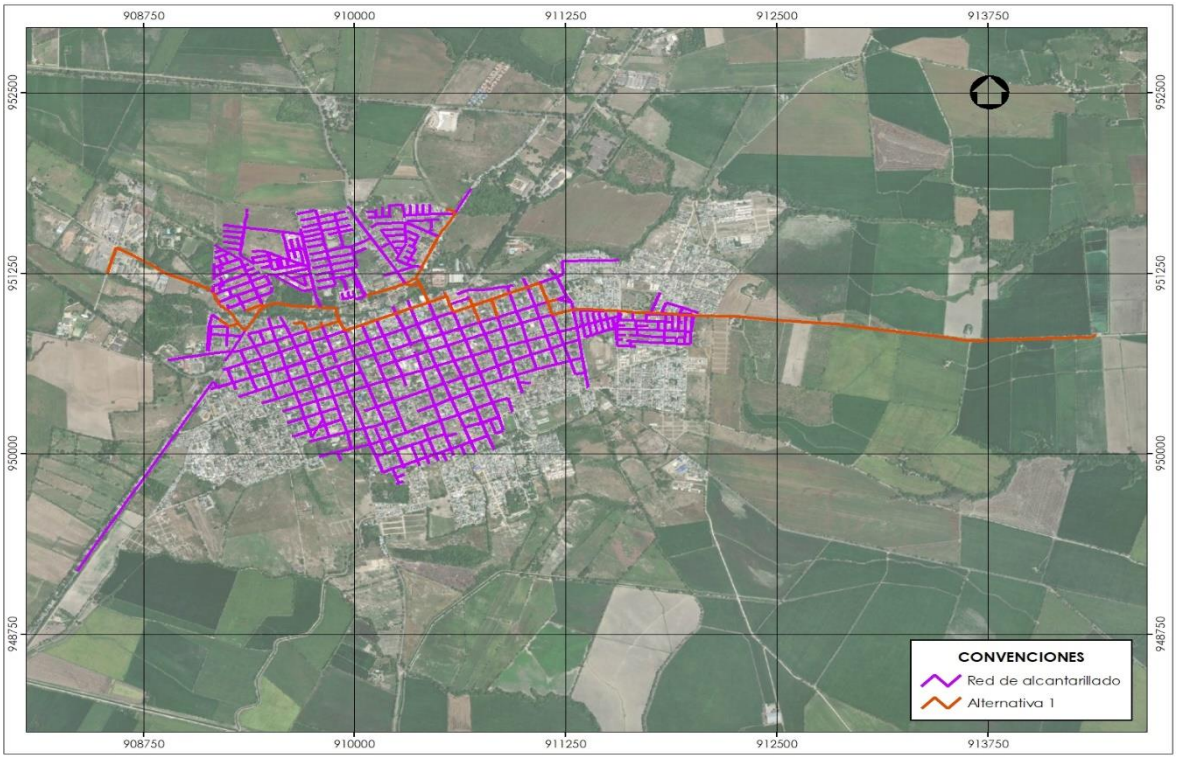


Figura 1.47. Planteamiento General Alternativa 1.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Para la construcción del nuevo colector y garantizar la unificación de vertimientos del sector norte del municipio, será necesario la optimización de cincuenta y tres (53) tramos con diámetros con rangos entre 8" y 36", con una longitud de 3,887.3 m en material PEAD. Adicionalmente, será necesario la construcción de cuarenta y un (41) tramos cuya longitud corresponde a 2,274.8 m en diámetros de 10" a 36".

El diseño de la red de alcantarillado para el sector norte contempla la renovación de la red existente cuyo funcionamiento es deficiente y la proyección de nuevos tramos que permitan unificar y transportar los aportes de aguas residuales de la población hacia su respectivo tratamiento. Las características del sistema de alcantarillado proyectado y existente se muestran a continuación.

SISTEMA DE ALCANTARILLADO					
OBRA	**DIAMETRO**	**TRAMOS**	**MATERIAL**	**LONGITUD (m)**	**PORCENTAJE**
Optimizar	8"	2	PEAD	127.6	1.42%
	10"	3		173.6	1.93%
	12"	4		201.7	2.24%
	15"	8		416.5	4.63%
	20"	4		177	1.97%
	24"	16		1,196.7	13.29%
	30"	2		135.4	1.50%
	36"	14		1,458.8	16.20%
Proyectado	10"	13	PEAD	988.6	10.98%
	12"	7		319.1	3.54%
	20"	10		498.6	5.54%
	24"	6		259.8	2.89%
	30"	3		129.9	1.44%

SISTEMA DE ALCANTARILLADO					
OBRA	**DIAMETRO**	**TRAMOS**	**MATERIAL**	**LONGITUD (m)**	**PORCENTAJE**
	36"	2		78.8	0.88%
Sin Intervención	44"	11	CONCRETO	2,273	25.24%
	52"	7	CONCRETO	569.9	6.33%
TOTAL		**112**		**9,005**	**100.00%**

Tabla 1.49. Características Red Sanitaria Existente y Proyectada, Alternativa 1.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

El Sistema de Alcantarillado diseñado contaría con las siguientes estructuras especiales:

ESTRUCTURAS	CANTIDAD	MATERIAL	LONGITUD (m)	DIAMETRO
Pozos Nuevos	32	CONCRETO	-	-
Pozos a Renovar	52		-	-
Pozos sin Intervención	28		-	-
Alivios	6		-	-
Viaducto	1	PEAD	30	10"
	1		40	12"
	1		30	24"
	1		46	30"

Tabla 1.50. Estructuras Especiales Proyectadas, Alternativa 1.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.8.2 ALTERNATIVA 2

La alternativa No. 2 plantea, en su gran mayoría, el mismo trazado establecido en la alternativa No. 1 para la unificación de vertimientos de la zona norte del municipio, la diferencia radica en que una vez se recolectan los aportes de la zona industrial, la red se proyecta por la Carrera 2ªN hasta llegar a la vía férrea actual abandonada y cruzando por vía nacional (Carrera 4), sentido sureste, hasta la conexión al colector final existente, cuyo diámetro es de 52", con el fin de transportar todos los aportes directamente a la planta de tratamiento.

Esta alternativa contará con una longitud de 5,790.5 m, la cual incluye el colector y los tramos necesarios para la unificación de descargas, en material PEAD y diámetros en un rango entre 8" y 36". En la siguiente figura se presenta la topología general de la alternativa No. 2 para el municipio de El Espinal, departamento del Tolima.

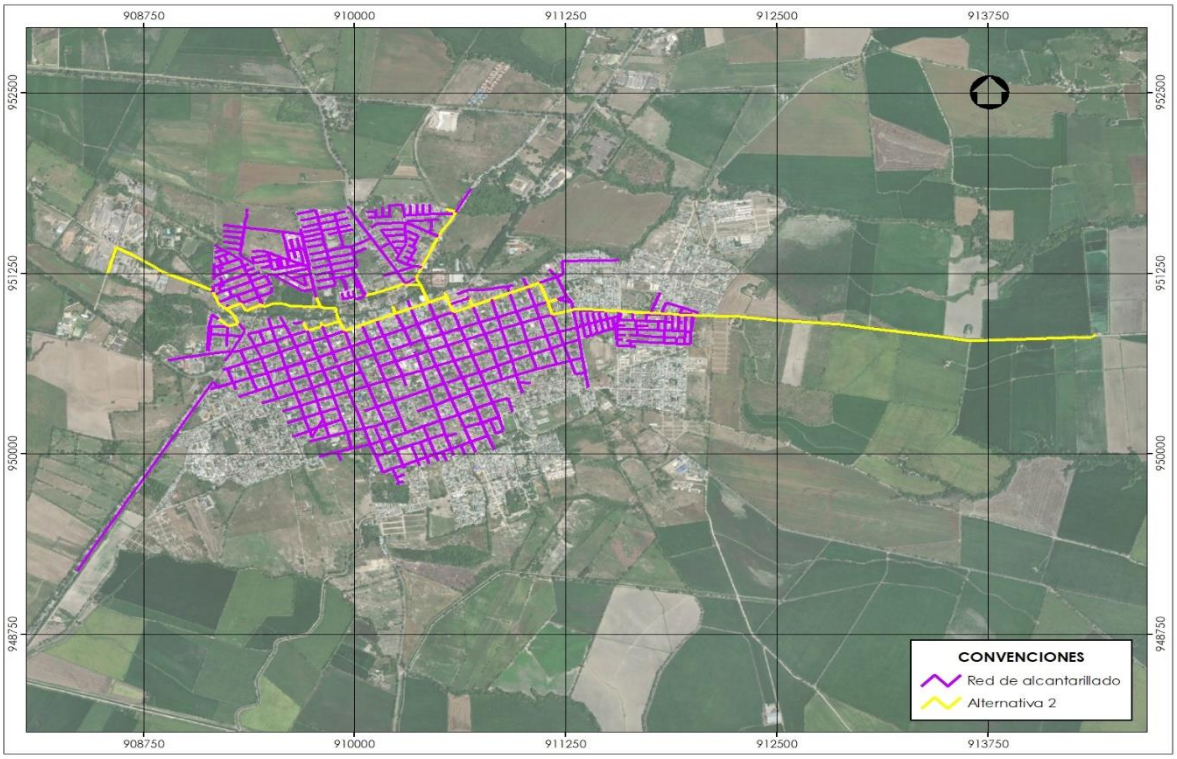


Figura 1.48. Planteamiento General Alternativa 2.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Para la construcción del nuevo colector y garantizar la unificación de vertimientos del sector norte del municipio, será necesario la optimización de cincuenta y cinco (55) tramos con diámetros con rangos entre 8" y 36", con una longitud de 3,831.3 m en material PEAD. Adicionalmente, será necesario la construcción de treinta y siete (37) tramos cuya longitud corresponde a 1,959.2 m en diámetros de 10" a 36".

El diseño de la red de alcantarillado para el sector norte contempla la renovación de la red existente cuyo funcionamiento es deficiente y la proyección de nuevos tramos que permitan unificar y transportar los aportes de aguas residuales de la población hacia su respectivo tratamiento. Las características del sistema de alcantarillado proyectado y existente se muestran a continuación.

SISTEMA DE ALCANTARILLADO					
OBRA	**DIAMETRO**	**TRAMOS**	**MATERIAL**	**LONGITUD (m)**	**PORCENTAJE**
Optimizar	8"	1	PEAD	2.7	0.03%
	10"	2		122.6	1.42%
	12"	9		521.3	6.04%
	15"	4		138.1	1.60%
	20"	8		387.5	4.49%
	24"	9		509.1	5.90%
	30"	8		749	8.68%
	36"	14		1,401	16.23%
Proyectado	10"	10	PEAD	858.9	9.95%
	12"	2		56.2	0.65%
	15"	3		67.6	0.78%
	20"	11		508	5.88%
	24"	6		259.8	3.01%

SISTEMA DE ALCANTARILLADO					
OBRA	**DIAMETRO**	**TRAMOS**	**MATERIAL**	**LONGITUD (m)**	**PORCENTAJE**
	30"	3		129.9	1.50%
	36"	2		78.8	0.91%
Sin Intervención	44"	11	CONCRETO	2,273	26.33%
	52"	7	CONCRETO	569.9	6.60%
TOTAL		**110**		**8,633.4**	**100.00%**

Tabla 1.51. Características Red Sanitaria Existente y Proyectada, Alternativa 2.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

El Sistema de Alcantarillado diseñado contaría con las siguientes estructuras especiales:

ESTRUCTURAS	CANTIDAD	MATERIAL	LONGITUD (m)	DIÁMETRO
Pozos Nuevos	12	CONCRETO	-	-
Pozos a Renovar	52		-	-
Pozos sin Intervención	44		-	-
Alivios	6		-	-
Viaducto	1	PEAD	20	15"
	1		30	24"
	1		46	30"

Tabla 1.52. Estructuras Especiales Proyectadas, Alternativa 2.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.8.3 ALTERNATIVA 3

La alternativa No. 3 plantea un trazado similar a la alternativa No. 1 para la unificación de vertimientos de la zona norte del municipio, la diferencia radica en que una vez se recolectan los aportes de la zona industrial, la red se proyecta por la Carrera 2ªN bajando por el sentido sur hacia la Carrera 2 con Calle 15 hasta llegar a la vía nacional (Carrera 4) por la Calle 13. Una vez allí, el trazado es el mismo que se presenta en la alternativa No. 1 con el fin de transportar todos los aportes directamente a la planta de tratamiento.

Esta alternativa contará con una longitud de 5,914.1 m, la cual incluye el colector y los tramos necesarios para la unificación de descargas, en material PEAD y diámetros en un rango entre 8" y 36". En la siguiente figura se presenta la topología general de la alternativa No. 3 para el municipio de El Espinal, departamento del Tolima.

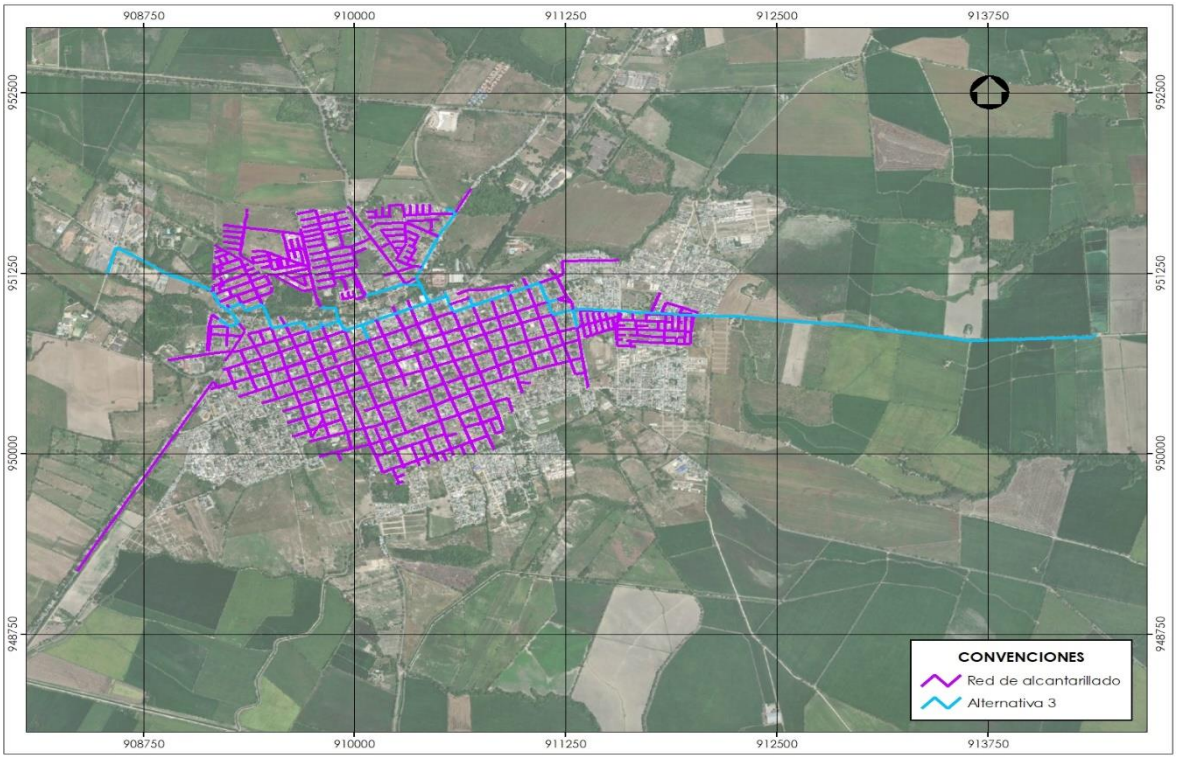


Figura 1.49. Planteamiento General Alternativa 3.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Para la construcción del nuevo colector y garantizar la unificación de vertimientos del sector norte del municipio, será necesario la optimización de cincuenta y ocho (58) tramos con diámetros con rangos entre 8" y 36", con una longitud de 4,170.7 m en material PEAD. Adicionalmente, será necesario la construcción de treinta y tres (33) tramos cuya longitud corresponde a 1,743.4 m en diámetros de 10" a 36".

El diseño de la red de alcantarillado para el sector norte contempla la renovación de la red existente cuyo funcionamiento es deficiente y la proyección de nuevos tramos que permitan unificar y transportar los aportes de aguas residuales de la población hacia su respectivo tratamiento. Las características del sistema de alcantarillado proyectado y existente se muestran a continuación.

SISTEMA DE ALCANTARILLADO					
OBRA	**DIAMETRO**	**TRAMOS**	**MATERIAL**	**LONGITUD(m)**	**PORCENTAJE**
Optimizar	8"	1	PEAD	2.7	0.03%
	10"	2		122.6	1.40%
	12"	7		432.1	4.93%
	15"	3		87.9	1.00%
	20"	8		402.1	4.59%
	24"	16		1,045.3	11.94%
	30"	8		749	8.55%
	36"	13		1,329	15.18%
Proyectado	10"	10	PEAD	858.9	9.81%
	12"	2		56.3	0.64%
	15"	3		67.6	0.77%
	20"	6		242.7	2.77%
	24"	7		309.3	3.53%

SISTEMA DE ALCANTARILLADO					
OBRA	**DIAMETRO**	**TRAMOS**	**MATERIAL**	**LONGITUD(m)**	**PORCENTAJE**
	30"	3		129.9	1.48%
	36"	2		78.7	0.90%
Sin Intervención	44"	11	CONCRETO	2,273	25.96%
	52"	7	CONCRETO	569.9	6.51%
TOTAL		**109**		**8,757**	**100,00%**

Tabla 1.53. Características Red Sanitaria Existente y Proyectada, Alternativa 3.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

El Sistema de Alcantarillado diseñado contaría con las siguientes estructuras especiales:

ESTRUCTURAS	CANTIDAD	MATERIAL	LONGITUD (m)	DIÁMETRO
Pozos Nuevos	22	CONCRETO	-	-
Pozos a Renovar	59		-	-
Pozos sin Intervención	25		-	-
Alivios	7		-	-
Viaducto	1	PEAD	15	15"
	1		40	20"
	1		30	24"

Tabla 1.54. Estructuras Especiales Proyectadas, Alternativa 3.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.8.4 ALTERNATIVA 4

La alternativa No. 4 plantea un trazado similar a la alternativa No. 3 para la unificación de vertimientos de la zona norte del municipio, la diferencia radica en que una vez se recolectan los aportes de la zona industrial, la red se proyecta por la Carrera 2ªN bajando en sentido sur hacia la Carrera 2 con Calle 15, una vez allí el colector baja por esta calle hasta llegar a la Carrera 5 y se va directamente por esta carrera, paralela a la vía nacional (Carrera 4), cruzando el municipio hasta llegar a la Calle 2. En este punto, el trazado de la red es igual a las demás alternativas diseñadas.

Esta alternativa contará con una longitud de 5,987.8 m, la cual incluye el colector y los tramos necesarios para la unificación de descargas, en material PEAD y diámetros en un rango entre 8" y 36". En la siguiente figura se presenta la topología general de la alternativa No. 4 para el municipio de El Espinal, departamento del Tolima.

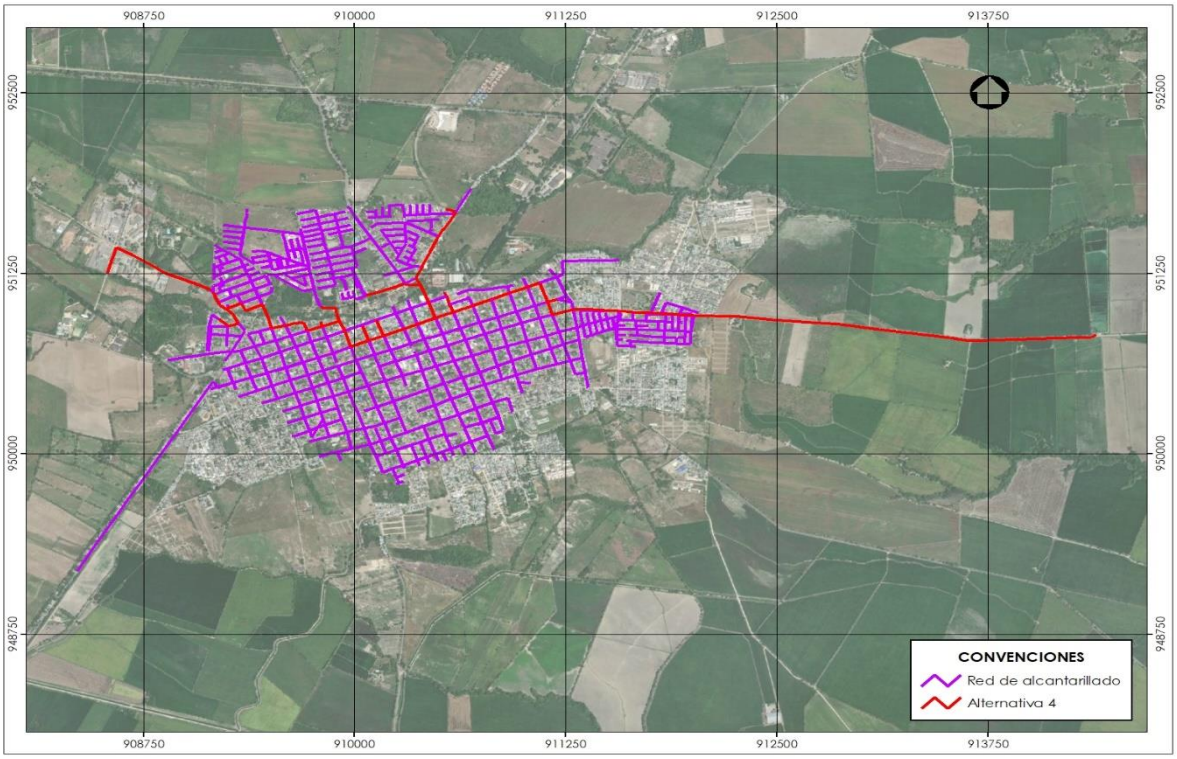


Figura 1.50. Planteamiento General Alternativa 4.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Para la construcción del nuevo colector y garantizar la unificación de vertimientos del sector norte del municipio, será necesario la optimización de cincuenta y ocho (58) tramos con diámetros con rangos entre 8" y 36", con una longitud de 4,244.5 m en material PEAD. Adicionalmente, será necesario la construcción de treinta y tres (33) tramos cuya longitud corresponde a 1,743.3 m en diámetros de 10" a 36".

El diseño de la red de alcantarillado para el sector norte contempla la renovación de la red existente cuyo funcionamiento es deficiente y la proyección de nuevos tramos que permitan unificar y transportar los aportes de aguas residuales de la población hacia su respectivo tratamiento. Las características del sistema de alcantarillado proyectado y existente se muestran a continuación.

SISTEMA DE ALCANTARILLADO					
OBRA	**DIAMETRO**	**TRAMOS**	**MATERIAL**	**LONGITUD(m)**	**PORCENTAJE**
Optimizar	10"	2	PEAD	122.6	1.37%
	12"	7		432	4.84%
	15"	4		90.9	1.02%
	20"	9		519.3	5.82%
	24"	15		921.3	10.32%
	30"	9		886.8	9.93%
	36"	12		1,271.6	14.25%
	10"	10		858.9	9.62%
Proyectado	12"	2	PEAD	56.3	0.63%
	15"	4		125.2	1.40%
	20"	6		242.7	2.72%
	24"	7		309.2	3.46%
	30"	3		129.9	1.46%

SISTEMA DE ALCANTARILLADO					
OBRA	**DIAMETRO**	**TRAMOS**	**MATERIAL**	**LONGITUD(m)**	**PORCENTAJE**
	36"	1		21.1	0.24%
	20"	1		95.6	1.07%
Sin Intervención	44"	11	CONCRETO	2,273	25.46%
	52"	7	CONCRETO	569.9	6.38%
TOTAL		**109**		**8,926.3**	**100.00%**

Tabla 1.55. Características Red Sanitaria Existente y Proyectada, Alternativa 4.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

El Sistema de Alcantarillado diseñado contaría con las siguientes estructuras especiales:

ESTRUCTURAS	CANTIDAD	MATERIAL	LONGITUD (m)	DIÁMETRO
Pozos Nuevos	22	CONCRETO	-	-
Pozos a Renovar	61		-	-
Pozos sin Intervención	25		-	-
Alivios	7		-	-
Viaducto	1	PEAD	15	15"
	1		40	20"
	1		30	24"
	1		46	30"

Tabla 1.56. Estructuras Especiales Proyectadas, Alternativa 4.
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.9 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se presentan y describen cada uno de los criterios y metodologías utilizadas para la evaluación de las alternativas planteadas, con el fin de identificar y seleccionar la alternativa más viable y de solución más conveniente para mejorar las condiciones de saneamiento del sector norte del área urbana de El Espinal, justificada en un análisis de costo mínimo y costo beneficio, desde el punto de vista técnico, ambiental, social, económico y predial.

Es de aclarar que, en las evaluaciones ambiental y social, se utilizaron metodologías y referencias externas para garantizar la objetividad de los análisis, ya que resultaría errado que primara lo subjetivo sobre estas evaluaciones. Lo anterior, se realizó, teniendo en cuenta que cada una de las metodologías fuera aplicable al proyecto, más allá del origen de las mismas.

Por otra parte, para la calificación de las alternativas, se consideró la ponderación de los valores y actores involucrados en cada una de las evaluaciones planteadas. En la siguiente tabla, se presenta los valores de ponderación asumidos para la evaluación:

VALOR	ASPECTO
25%	Evaluación Económica
15%	Evaluación Ambiental
15%	Evaluación Social E Institucional
25%	Evaluación Predial Y Catastral
10%	Evaluación Operativa Y Mantenimiento
10%	Evaluación Vulnerabilidad
100.00%	**CALIFICACIÓN TOTAL**

Tabla 1.57. Valores de Ponderación y Actores Involucrados por Evaluación
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

El análisis de alternativas, se puede encontrar en el *Anexo 7 Evaluación de Alternativas* del presente informe.

1.9.1 EVALUACIÓN TÉCNICA

Este análisis consiste en evaluar los diferentes materiales que existen en el mercado para las redes de alcantarillado.

1.9.1.1 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Para cada una de las alternativas, se analizarán los siguientes parámetros hidráulicos:

- Capacidad
- Velocidad
- Fuerza Tractiva
- Régimen de Flujo

1.9.1.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La metodología de evaluación consiste en determinar, para cada uno de los criterios a evaluar, cual es el que presenta una mayor cantidad de tramos dentro del rango establecido por la normatividad como aceptable o adecuado para su comportamiento, tal y como se describe en la siguiente tabla:

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR ADMISIBLES		OBSERVACIÓN
Capacidad	Q/Qll	-	0.85		Artículo 143 de la Res. 0330, para alcantarillado sanitario.
Velocidad	v	m/s	Mínimo	Fuerza Tractiva mínima	Artículo 141 y 148 de la Res. 0330 de 2017.
			Máximo	5	
Fuerza Tractiva	T	Pa	2 (Alcant. Combinado)		Artículo 141 y 148 de la Res. 0330 de 2017.
Régimen de Flujo	-	-	No crítico Número de Froude ≤ 0.9 o ≥1.1		

Tabla 1.58. Valores Admisibles por Parámetro Hidráulico
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Es importante tener en cuenta que, todas las alternativas propuestas para el colector norte se encuentran técnicamente sostenidas en las bases teóricas y normativas requeridas para su labor; por lo cual, la comparación desde el punto de vista técnico consiste en determinar cuál es la alternativa que en comparación de las demás presenta un mejor comportamiento.

1.9.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación o análisis económico de alternativas comprende todos y cada uno de los aspectos que determinan los costos de inversión de los diseños propuestos. De acuerdo con los resultados obtenidos en este análisis se puede concluir cual alternativa presenta mayor viabilidad. A continuación, se describen los criterios y la metodología empleada en la evaluación económica de alternativas:

1.9.2.1 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Para cada una de las alternativas analizadas, se tomaron en cuenta los costos por:

- Localización y replanteo
- Excavaciones y rellenos
- Construcción de estructuras (Pozos)
- Obras exteriores
- Equipos propios del sistema

1.9.2.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La metodología de evaluación económica considera los costos asociados a cada una de las alternativas planteadas, empleando para su estimación bases de datos de costos y valores usados en proyectos de alcantarillado similares. A partir de dicha información, se realiza un análisis de costo mínimo, el cual permite establecer que alternativa presenta una mayor viabilidad en términos monetarios, es decir aquella que suponga un menor costo de inversión, y que será tomada como base para evaluar las demás alternativas.

Es de aclarar que los costos presentados corresponden a valores preliminares. Una vez se realice la selección definitiva de alternativas se procederá a la ingeniería de detalle y se presentará el presupuesto de la alternativa ganadora.

1.9.2.3 RESULTADOS

En este capítulo se presentarán los resultados de la evaluación económica de las alternativas, sin embargo, es importante señalar que parte de este análisis consistió en evaluar los diferentes materiales que existen en el mercado para las redes de alcantarillado, el cual será presentado a continuación:

- **MATERIAL DE LA TUBERÍA**

En primer lugar, se evalúan las diferentes tuberías flexibles disponibles en el mercado nacional, con el fin de analizar las características principales de diseño, instalación y desempeño de la red.

➢ **Dimensiones**

En la siguiente tabla se muestra las dimensiones de la tubería en PVC, PEAD, GRP, diámetro nominal comercial y diámetro interno real.

DIAMETRO COMERCIAL / NOMINAL (DN)			DIAMETRO INTERNO (Real- mm)					
Ø PVC	Ø PEAD	Ø GRP	Ø PVC		Ø PEAD		Ø GRP	
			DI	% DI vs DN	DI	% DI vs DN	DI	% DI vs DN
250	250 - 10"		227	91%	249	100%		
315	300 - 12"	300	284	90%	308	103%	305	102%
355	375 - 15"	350	327	92%	383	102%	356	102%
400		400	362	91%			401	100%
450	450 - 18"	450	407	90%	459	102%	451	100%
500		500	452	90%			501	100%

Tabla 1.59. Dimensiones de la Tubería según Material
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Según la información presentada anteriormente se encuentra que:

- Los tubos de PVC hidráulicamente son inferiores hasta 20".
- El tubo de 15" PEAD (Reemplaza y supera los de 16"de PVC).
- El tubo de 18" PEAD (Reemplaza y supera los de 20"de PVC).
- Los tubos de 24" en adelante en todos los materiales son fabricados con base en diámetro interno.

En consecuencia, se concluye que los tubos de PEAD Corrugado son de capacidad superior respecto a los de PVC hasta 20", en adelante son similares los tres materiales.

➢ **Peso**

En la siguiente tabla se muestra el peso de la tubería en PVC, PEAD, GRP en Kg/m.

DIAMETRO COMERCIAL / NOMINAL (DN)			PESO (Kg / m)					
			Ø PVC		Ø PEAD		Ø GRP	
Ø PVC	Ø PEAD	Ø GRP	Peso / m	% Peso vs PEAD	Peso / m	% Peso vs PEAD	Peso / m	% Peso vs PEAD
250	250 - 10"		3,46	101%	3,44	100%		
315	300 - 12"	300	4,72	99%	4,75	101%	8,87	187%
355	375 - 15"	350	6,1	91%	6,72	100%	11,46	171%
400		400	7,85	117%			14,17	211%
450	450 - 18"	450	13,02	135%	9,67	100%	17,33	179%
500		500	16,08	166%			21,11	218%
900	900 - 36"	900	37	128%	29	100%	81	279%
1200	450 - 18"	1200	86	183%	47	100%	143	304%

Tabla 1.60. Peso de la Tubería según Material
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Como se evidencia en la tabla anterior, los tubos de GRP son los más pesados, al igual que los de PVC en diámetros grandes; lo que indica que requieren mayores recursos para su manipulación, transporte e instalación; afectando así el rendimiento de instalación y los costos relacionados, ya que a mayor peso menor maniobrabilidad.

En consecuencia, se concluye que los tubos de PEAD Corrugado son más económicos de instalar por un mayor rendimiento por día y menores requerimientos de equipo y mano de obra.

➢ **Rigidez**

Para Obtener una rigidez similar entre las tres (3) tecnologías, debe usarse:

a. PVC Corrugado. RIGIDEZ SN8, para Diámetros de 6" a 20". RIGIDEZ SN8 (57PSI) – Para Diámetros de 24" a 42". RIGIDEZ SN4 (28PSI). Para los tubos de 48" solo hay disponibilidad de 10PSI (Perfil Cerrado).
b. PEAD Tubería Polietileno PEAD Corrugado. Rigidez Variable desde 65 PSI (Diámetros Pequeños) hasta 27PSI (48").
c. PRFV - NTC 3870. Tubería Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio GRP. (TIPO - SN5000 PN1) Para Poder Obtener una rigidez Equivalente.

Se concluye que:

- Los tubos de PVC Para este proyecto aplican solo hasta 36". Los de 48" (Perfilados NTC 5055) No cumplen la Rigidez mínima solicitada.
- Los tubos de GRP Para este criterio solo aplicarían SN5000, no obstante, requieren una cimentación altamente exigente.
- Los tubos de PEAD corrugado tienen una rigidez apropiada y diseños de cimentación convencionales.

➢ **Instalación y dimensiones de Zanja**

A continuación, se muestra el ancho mínimo de la tubería en PVC, PEAD, GRP en metros VRS PVC.

DIAMETRO COMERCIAL (DN)			ANCHO MINIMO DE ZANJA (m)					
			Ø PVC		Ø PEAD		Ø GRP	
Ø PVC	Ø PEAD	Ø GRP	Ancho min	% Amin vs PVC	Ancho min	% Amin vs PVC	Ancho min	% Amin vs PVC
250	250 - 10"		0,65	100%	0,7	108%		
315	300 - 12"	300	0,7	100%	0,7	100%	0,914	131%
355	375 - 15"	350	0,75	100%	0,8	100%	0,966	129%
400		400	0,8	100%			1,012	127%
450	450 - 18"	450	0,85	100%	0,9	100%	1,063	125%
500		500	0,9	100%			1,114	124%
900	900 - 36"	900	1,55	100%	1,55	100%	1,65	1,10%
1200	1200 - 48"	1200	2	100%	2	100%	2,1	105%

Tabla 1.61. Ancho de Zanja para Tubería según Material
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Los tubos de GRP requieren un ancho de zanja más ancha respecto a las demás tecnologías, incrementando los costos de obras civiles, los tubos de GRP requieren mayores obras civiles.

➢ **Instalación Encamado**

En la siguiente tabla se muestra el encamado mínimo en PVC, PEAD, GRP en metros y el espesor VRS PEAD.

ENCAMADO MINIMO (m)					
Ø PVC		Ø PEAD		Ø GRP	
Espesor	% Esp vs PEAD	Espesor	% Esp vs PEAD	Espesor	% Esp vs PEAD
0,15	150%	0,10	100%	0,15	150%

Tabla 1.62. Ancho de Zanja para Tubería según Material
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Los tubos de GRP y PVC requieren un encamado superior respecto al PEAD. Este último reduce obras civiles. Los tubos de GRP Requieren mayor cantidad de obras civiles (Excavación, Encamado y Retiro de sobrantes).

➢ **Desempeño – Profundidad mínima en Presencia de Cargas Vivas**

A continuación, se muestra desempeño de la profundidad mínima en presencia de cargas vivas en PVC, PEAD, GRP en metros y riesgo de falla durante la ejecución de obra:

PROFUNDIDAD MINIMA INSTALACION(CARGAS H20/ HS20 - m)					
Ø PVC		Ø PEAD		Ø GRP	
Espesor	Riesgo de Falla durante ejecuciónobra	Espesor	Riesgo de Falla durante ejecuciónobra	Espesor	Riesgo de Falla durante ejecuciónobra
0,90	Medio	0,30	Bajo	1,00	Alto

Tabla 1.63. Profundidad mínima de Instalación de Tubería según Material
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Las tuberías de GRP y PVC requieren una cobertura mayor de material en presencia de cargas de tráfico, son vulnerables a daños durante la construcción de la estructura del pavimento por tráfico temporal de maquinaria mientras se alcanza la cobertura mínima solicitada por los fabricantes.

Se concluye que el mejor desempeño estructural es el de los tubos de PEAD, especialmente en grandes diámetros y condiciones críticas de superficialidad. Las Tuberías de GRP no cumplen las profundidades mínimas en los tramos más superficiales (No soportan cargas de equipos de compactación a profundidades menores de 0.80m) Necesarios durante la compactación de las capas de estructura de la vía.

- **Desempeño Velocidad Máxima de Diseño**

En la siguiente tabla se muestra el desempeño de la velocidad máxima de PVC, PEAD, GRP en m/s:

VELOCIDAD MAXIMA DE DISEÑO(m/seg)					
Ø PVC		Ø PEAD		Ø GRP	
Velocidad	Desempeño	Velocidad	Desempeño	Velocidad	Desempeño
5	Normal	9	Alto	4	Bajo

Tabla 1.64. Velocidad Máxima en la Tubería según Material
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

La velocidad máxima de trabajo de la tubería de GRP es muy baja, la de PVC es apropiada no obstante con PEAD se obtiene un mejor valor. Variable relacionada a la resistencia al desgaste por abrasión. Por ende, se concluye que la tubería que presenta un mejor desempeño hidráulico de los tubos de PEAD.

- **Instalación – Deflexión Máxima Admisible (Largo Plazo)**

A continuación, se muestra la deflexión máxima admisible en % de PVC, PEAD, GRP:

DEFLEXION MAXIMA ADMISIBLE A LARGO PLAZO (%)					
Ø PVC		Ø PEAD		Ø GRP	
Deflexión	Desempeño	Deflexión	Desempeño	Deflexión	Desempeño
7,5%	Alto	7,5%	Alto	5%	Medio

Tabla 1.65. Deflexión Máxima en la Tubería según Material
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Una menor permisividad en deflexión implica mayores requerimientos en instalación y materiales de cimentación y atraque. En consecuencia, se concluye que el mejor desempeño estructural lo presentan las tuberías de PEADy mayor costo de cimentación en tubos de GRP.

- **Instalación – Conexiones a Cámaras / Estructuras**

En la siguiente tabla se muestra el desempeño de instalación de conexiones a cámaras y estructuras de tubería de material en PVC, PEAD, GRP:

CONEXIONES A ESTRUCTURAS / CAMARAS					
Ø PVC		Ø PEAD		Ø GRP	
Tipo	Desempeño	Tipo	Desempeño	Tipo	Desempeño
Empaque + Mortero (Tradicional)	Fácil	Empaque + Mortero (Tradicional)	Fácil	Articulación (4 uniones x estructura y niples)	Complejo

Tabla 1.66. Conexión de la Tubería a Cámaras según Material
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

La instalación de la tubería GRP a las cámaras de inspección u otras estructuras es muy complicada, mayor cantidad de uniones, de cortes y de costos en general, el GRP es muy sensible a los asentamientos diferenciales de los pozos / estructuras respecto a las demás tecnologías. En cambio, las tuberías PVS y PEAD presentan un mejor comportamiento, aunque presenta sobrecostos ya que requiere una mayor cantidad de uniones.

- **Desempeño Estabilidad a Largo Plazo por Efectos de la Abrasión**

A continuación, se muestra el desempeño a largo plazo por efectos de la abrasión de tubería de material en PVC, PEAD, GRP:

ESTABILIDAD A LARGO PLAZO (Por pérdida de pared- Abrasión)					
Ø PVC		Ø PEAD		Ø GRP	
Tipo de Tubo	Desempeño	Tipo Tubo	Desempeño	Tipo	Desempeño
Monolítico (Un solo material)	Alto	Monolítico (Un solo material)	Alto	Sistema Multicapa	Medio

Tabla 1.67. Estabilidad de la Tubería según Material
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Como se observa en la tabla anterior, todos los materiales presentan un comportamiento similar; no obstante, las tecnologías de tubos de un mismo material garantizan un desempeño homogéneo a largo plazo a causa del desgaste por abrasión de la pared. Se concluye que el material que presenta una mayor durabilidad del PEAD respecto a GRP.

- **Desempeño Resistencia Química**

En la siguiente tabla se muestra el desempeño de resistencia química de tubería de acuerdo al material en PVC, PEAD, GRP:

RESISTENCIA QUIMICA					
Ø PVC		Ø PEAD		Ø GRP	
Ensayos	Desempeño	Ensayos	Desempeño	Ensayos	Desempeño
Requiere ensayos según Reglamento Técnico de Tuberías- 1166.	Normal	NO Requiere ensayos	Alto	Requiere ensayos según Reglamento Técnico de Tuberías- 1166.	Normal

Tabla 1.68. Estabilidad de la Tubería según Material
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Se observa que la tubería que presenta una mayor resistencia a agentes químicos es la tubería de PEAD, lo anterior permite concluir que esta tendrá una mayor durabilidad en comparación con las demás.

- **Longitud Comercial / Longitud Efectiva**

A continuación, se muestra la longitud comercial y longitud efectiva desperdicio por campanas en metros y porcentaje:

DIAMETRO COMERCIAL (DN)			LONGITUD EFECTIVA (Desperdicio por Campanas - m-%)					
			Ø PVC		Ø PEAD		Ø GRP	
Ø PVC	Ø PEAD	Ø GRP	Medida Campana	% Efectividad en Longitud	Medida Campana	% Efectividad en Longitud	Medida Campana	% Efectividad en Longitud
250	250 - 10"		0,15	97,50%	No incluida en la medida comercial	100%	Pero Requiere Uniones	100%
315	300 - 12"	300	0,2	96,70%				
355	375 - 15"	350	0,19	96,80%				
400		400	0,24	96,00%				
450	450 - 18"	450	0,27	95,50%				
500		500	0,3	95,00%				
900	900 - 36"	900	0,52	92,00%				
1200	1200 - 48"	1200	0,52	92,00%				

Tabla 1.69. Longitud Comercial y Efectiva de la Tubería según Material
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Se observa que para las tuberías PVC hay un alto porcentaje de desperdicio de material y en el caso de las tuberías GRP se requieren uniones para su unión; por esa razón se considera que las tuberías PEAD son más económicas que las demás tecnologías.

- **Costos de la Tubería según Material**

En la siguiente tabla se presentan los costos de la tubería según material y diámetro:

MATERIALES						
DIÁMETRO NOMINAL		DIÁMETRO INTERNO PROMEDIO		PVC	PEAD	GRP
"	mm	mm	"	PRECIO ML	PRECIO ML	PRECIO ML
4	100	103	4,07	$ 14.943	$13.239	
6	150	152	5,97	$ 29.185	$25.728	
8	200	201	7,91	$ 39.858	$34.825	
10	250	249	9,8	$ 58.215	$51.194	
12	300	308	12,13	$ 86.073	$75.863	$116.608
14	355			$123.334		$149.296
15	375	383	15,06		$125.444	
16	400			$150.851		$183.679
18	450	459	18,07	$194.824	$170.497	$223.321
20	508			$253.993		$271.951
24	600	608	23,92	$360.679	$294.376	$374.782
27	686			$413.722		$495.646
30	750	773	30,43	$583.840	$443.561	
33	838			$686.965		$642.263
36	900	914	36	$1.000.320	$795.342	$792.871
39	990,6			$1.338.385		

MATERIALES						
DIÁMETRO NOMINAL		DIÁMETRO INTERNO PROMEDIO		PVC	PEAD	GRP
"	mm	mm	"	PRECIO ML	PRECIO ML	PRECIO ML
40	1000	999	39,32		$ 1.066.109	$966.162
42	1050	1067	42,02	$1.530.962	$ 1.227.354	$ 1.167.061
48	1200	1201	47,28		$ 1.665.405	$ 1.373.184
60	1500	1526	60,09		$ 2.394.274	$ 1.753.943
63	1600					$ 2.389.965
67	1700					$ 2.692.634
71	1800					$ 2.484.706
75	1900					$ 2.762.106
79	2000					$ 3.688.055
83	2100					$ 4.046.914
87	2200					$ 4.435.342
94	2400					$ 5.255.482
98	2500					$ 5.710.005
102	2600					$ 6.155.210
110	2800					$ 7.108.643
118	3000					$ 8.155.697

Tabla 1.70. Precio de Tubería por Material
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

A continuación, se presentan los costos considerados para cada uno de las alternativas, teniendo en cuenta que la selección de material (PEAD) obedece a lo mencionado anteriormente.

ALTERNATIVA 1

A continuación, se presentan los costos asociados a la primera alternativa de redes.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
OBRA CIVIL					
1	**PRELIMINARES**				
1.1	Localización y Replanteo para redes y componentes de alcantarillado	m	6,163.0	$ 2,340.0	$ 14,421,420.0
1.2	Demolición de pavimento, e = 0.05 – 0.15 m con martillo neumático compresor incluye corte y cargue mecánico de escombros	m2	3,364.0	$ 11,232.0	$ 37,784,448.0
				SUBTOTAL PRELIMINARES	**$ 52,205,868.0**
2	**EXCAVACIONES Y LLENOS**				
2.1	Excavación manual en material común 2.0 - 4.0 m en seco	m3	711.0	$ 46,956.0	$ 33,385,716.0
2.2	Excavación mecánica en material común y conglomerado con profundidad de 0 a 6.0 m	m3	6,283.0	$ 36,682.0	$ 230,473,006.0
2.3	Entibado discontinuo en madera tipo ED1, para control en zanjas de profundidad entre 1.00 y 2.50 m (incluye suministro e instalación para 7 usos)	m2	381.0	$ 12,714.0	$ 4,844,034.0
2.4	Entibado continuo en madera tipo EC1, para control en zanjas	m2	81.0	$ 19,360.0	$ 1,568,160.0

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
	de profundidad entre 2.50 y 3.50 m (incluye suministro e instalación para 7 usos)				
2.5	Relleno con arena gruesa para cama de cimentación en tuberías	m3	2,277.0	$ 68,156.0	$ 155,191,212.0
2.6	Atraque de tubería en triturado de 3/4", incluye suministro, tapado y apisonado	m3	924.0	$ 141,124.0	$ 130,398,576.0
2.7	Recebo compactado en capas de 20 cm. Proctor modificado 95%, a todo factor, incluye: recebo, equipos, herramientas y mano de obra	m3	1,793.0	$ 50,745.0	$ 90,985,785.0
2.8	Relleno, tapado y apisonado a todo factor, incluye: material seleccionado de la misma excavación, equipos, herramientas y mano de obra	m3	774.0	$ 13,550.0	$ 10,487,700.0
2.9	Recolección, cargue de material sobrante en volqueta hasta botadero distancia menor a 20 Km. Incluye: herramienta menor, transporte, mano de obra, derechos de botadero y todo lo necesario para la correcta ejecución de la obra	m3	5,304.0	$ 37,596.0	$ 199,409,184.0
				SUBTOTAL EXCAVACIONES Y LLENOS	**$ 856,743,373.0**
3	**INSTALACIÓN TUBERÍAS COLECTOR**				
3.1	Instalación de Tubería corrugada PEAD 8" CxE con hidrosello de aucho	m	128.0	$ 15,652.7	$ 2,003,545.6
3.2	Instalación de Tubería corrugada PEAD 10" CxE con hidrosello de caucho	m	1,163.0	$ 22,861.7	$ 26,588,099.0
3.3	Instalación de Tubería corrugada PEAD 12" CxE con hidrosello de caucho	m	521.0	$ 32,896.9	$ 17,139,258.9
3.4	Instalación de Tubería corrugada PEAD 15" CxE con hidrosello de caucho	m	329.0	$ 42,215.3	$ 13,888,817.3
3.5	Instalación de Tubería corrugada PEAD 16" CxE con hidrosello de caucho	m	88.0	$ 60,299.1	$ 5,306,316.4
3.6	Instalación de Tubería corrugada PEAD 20" CxE con hidrosello de caucho	m	676.0	$ 101,527.7	$ 68,632,691.4
3.7	Instalación de Tubería corrugada PEAD 24" CxE con hidrosello de caucho	m	1,457.0	$ 144,172.4	$ 210,059,114.0
3.8	Instalación de Tubería corrugada PEAD 30" CxE con hidrosello de caucho	m	266.0	$ 215,423.3	$ 57,302,584.5
3.9	Instalación de Tubería corrugada PEAD 36" CxE con hidrosello de caucho	m	1,538.0	$ 399,853.3	$ 614,974,375.4
				SUBTOTAL INSTALACIÓN TUBERÍAS COLECTOR	**$ 1,015,894,802.3**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
4	**ESTRUCTURAS EN CONCRETO**				
4.1	Reposición de pavimento bituminoso denso en caliente, incluye riego de imprimación y riego de liga con emulsión asfáltica	m3	445.0	$ 685,023.0	$ 304,835,235.0
4.2	Cuerpo Manhole para pozo de inspección impermeabilizado integralmente, Øint= 1.50 m en concreto reforzado de 28 MPa, incluye escalones de acceso en tubo de 1" cada 0.40 m con anticorrosivo	m	267.0	$ 664,594.0	$ 177,446,598.0
4.3	Solado en concreto de 14 MPa (2000 PSI) a todo costo e = 0.05 m	m3	21.0	$ 601,292.0	$ 12,627,132.0
4.4	Placa de fondo para pozo de inspección en concreto reforzado de f'c = 28 MPa (4000 PSI), ø= 1.80 m, e = 0.20 m, incluye cañuela en concreto de baja resistencia impermeabilizado y acero de refuerzo	un	82.0	$ 694,711.0	$ 56,966,302.0
4.5	Placa de cubierta para pozo de inspección en concreto reforzado de f'c = 35 MPa (5000 PSI), ø = 1.80 m, e = 0.25 m, impermeabilizado incluye tapa para pozo ø = 0.70 m tipo NP-024 acero de refuerzo	un	82.0	$ 821,245.0	$ 67,342,090.0
4.6	Suministro e instalación de geotextil tipo NT 2100, para recubrimiento de pozo	m2	8,270.0	$ 8,026.0	$ 66,375,020.0
				SUBTOTAL ESTRUCTURAS EN CONCRETO	**$ 685,592,377.0**
	ESTRUCTURA DE VIADUCTO				
5.1	Viaducto 10"	m	30	$ 853,142.63	**$ 25,594,278.86**
5.2	Viaducto 12"	m	40	$ 1,269,441.92	**$ 50,777,676.92**
5.3	Viaducto 24"	m	30	$ 1,826,384.16	**$ 54,791,524.67**
5.4	Viaducto 30"	m	46	$ 1,765,892.08	**$ 81,231,035.68**
				SUBTOTAL VIADUCTO	**$ 212,394,516.1**
	ESTRUCTURA DE ALIVIO				
6.1	Alivio Lateral en Concreto	m	6	$ 25,007,614.61	**$ 150,045,687.66**
				SUBTOTAL VIADUCTO	**$ 150,045,687.7**
				TOTAL OBRA CIVIL	**$ 2,972,876,624.1**
	SUMINISTROS				
8	**SUMINISTRO (INCLUYE TRANSPORTE)**				
8.1	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 8" CxE con hidrosello de caucho	m	128.0	$ 44,722.0	$ 5,724,416.0
8.2	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 10" CxE con hidrosello de caucho	m	1,163.0	$ 65,319.0	$ 75,965,997.0
8.3	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 12" CxE con hidrosello de caucho	m	521.0	$ 93,991.0	$ 48,969,311.0

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
8.4	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 15" CxE con hidrosello de caucho	m	329.0	$ 120,615.0	$ 39,682,335.0
8.5	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 16" CxE con hidrosello de caucho	m	88.0	$ 172,283.0	$ 15,160,904.0
8.6	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 20" CxE con hidrosello de caucho	m	676.0	$ 290,079.0	$ 196,093,404.0
8.7	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 24" CxE con hidrosello de caucho	m	1,457.0	$ 411,921.0	$ 600,168,897.0
8.8	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 30" CxE con hidrosello de caucho	m	266.0	$ 615,495.0	$ 163,721,670.0
8.9	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 36" CxE con hidrosello de caucho	m	1,538.0	$ 1,142,438.0	$ 1,757,069,644.0
TOTAL SUMINISTROS TUBERÍAS					**$ 2,902,556,578.0**
TOTAL OBRA CIVIL					**$ 2,972,876,624.1**
			ADMINISTRACIÓN	21%	$ 624,304,091.0
			IMPREVISTOS	1%	$ 29,728,766.0
			UTILIDAD	5%	$ 148,643,831.0
			IVA SOBRE UTILIDAD:	0.95%	$ 28,242,328.0
					$ 3,803,795,640.1
TOTAL SUMINISTROS TUBERÍAS					**$ 2,902,556,578.0**
			ADMINISTRACIÓN	15%	$ 435,383,487.0
					$ 3,337,940,065.0
TOTAL PRESUPUESTO					**$ 7,141,735,705.1**

Tabla 1.71. Costos Alternativa No. 1

Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

ALTERNATIVA 2

También se presentan los costos asociados a la alternativa de redes No. 2.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
OBRA CIVIL					
1	**PRELIMINARES**				
1.1	Localización y Replanteo para redes y componentes de alcantarillado	m	5,842.0	$ 2,340.0	$ 13,670,280.0
1.2	Demolición de pavimento, e = 0.05 – 0.15 m con martillo neumático compresor incluye corte y cargue mecánico de escombros	m2	3,256.0	$ 11,232.0	$ 36,571,392.0
SUBTOTAL PRELIMINARES					**$ 50,241,672.0**
2	**EXCAVACIONES Y LLENOS**				
2.1	Excavación manual en material común 2.0 - 4.0 m en seco	m3	3,598.0	$ 46,956.0	$ 168,947,688.0
2.2	Excavación mecánica en material común y conglomerado con profundidad de 0 a 6.0 m	m3	32,261.0	$ 36,682.0	$ 1,183,398,002.0

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
2.3	Entibado discontinuo en madera tipo ED1, para control en zanjas de profundidad entre 1.00 y 2.50 m (incluye suministro e instalación para 7 usos)	m2	937.0	$ 12,714.0	$ 11,913,018.0
2.4	Entibado continuo en madera tipo EC1, para control en zanjas de profundidad entre 2.50 y 3.50 m (incluye suministro e instalación para 7 usos)	m2	2,875.0	$ 19,360.0	$ 55,660,000.0
2.5	Relleno con arena gruesa para cama de cimentación en tuberías	m3	2,420.0	$ 68,156.0	$ 164,937,520.0
2.6	Atraque de tubería en triturado de 3/4", incluye suministro, tapado y apisonado	m3	906.0	$ 141,124.0	$ 127,858,344.0
2.7	Recebo compactado en capas de 20 cm. Proctor modificado 95%, a todo factor, incluye: recebo, equipos, herramientas y mano de obra	m3	1,743.0	$ 50,745.0	$ 88,448,535.0
2.8	Relleno, tapado y apisonado a todo factor, incluye: material seleccionado de la misma excavación, equipos, herramientas y mano de obra	m3	29,617.0	$ 13,550.0	$ 401,310,350.0
2.9	Recolección, cargue de material sobrante en volqueta hasta botadero distancia menor a 20 Km. Incluye: herramienta menor, transporte, mano de obra, derechos de botadero y todo lo necesario para la correcta ejecución de la obra	m3	5,139.0	$ 37,596.0	$ 193,205,844.0
				SUBTOTAL EXCAVACIONES Y LLENOS	**$ 2,395,679,301.0**
3	**INSTALACIÓN TUBERÍAS COLECTOR**				
3.1	Instalación de Tubería corrugada PEAD 8" CxE con hidrosello de aucho	m	3.0	$ 15,652.7	$ 46,958.1
3.2	Instalación de Tubería corrugada PEAD 10" CxE con hidrosello de caucho	m	982.0	$ 22,861.7	$ 22,450,140.3
3.3	Instalación de Tubería corrugada PEAD 12" CxE con hidrosello de caucho	m	629.0	$ 32,896.9	$ 20,692,118.7
3.4	Instalación de Tubería corrugada PEAD 15" CxE con hidrosello de caucho	m	68.0	$ 42,215.3	$ 2,870,637.0
3.5	Instalación de Tubería corrugada PEAD 16" CxE con hidrosello de caucho	m	139.0	$ 60,299.1	$ 8,381,568.0
3.6	Instalación de Tubería corrugada PEAD 20" CxE con hidrosello de caucho	m	896.0	$ 101,527.7	$ 90,968,774.4
3.7	Instalación de Tubería corrugada PEAD 24" CxE con hidrosello de caucho	m	769.0	$ 144,172.4	$ 110,868,537.2

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
3.8	Instalación de Tubería corrugada PEAD 30" CxE con hidrosello de caucho	m	879.0	$ 215,423.3	$ 189,357,036.8
3.9	Instalación de Tubería corrugada PEAD 36" CxE con hidrosello de caucho	m	1,480.0	$ 399,853.3	$ 591,782,884.0
				SUBTOTAL INSTALACIÓN TUBERÍAS COLECTOR	**$ 1,037,418,654.3**
4	**ESTRUCTURAS EN CONCRETO**				
4.1	Reposición de pavimento bituminoso denso en caliente, incluye riego de imprimación y riego de liga con emulsión asfáltica	m3	428.0	$ 685,023.0	$ 293,189,844.0
4.2	Cuerpo Manhole para pozo de inspección impermeabilizado integralmente, Øint= 1.50 m en concreto reforzado de 28 MPa, incluye escalones de acceso en tubo de 1" cada 0.40 m con anticorrosivo	m	302.0	$ 664,594.0	$ 200,707,388.0
4.3	Solado en concreto de 14 MPa (2000 PSI) a todo costo e = 0.05 m	m3	21.0	$ 601,292.0	$ 12,627,132.0
4.4	Placa de fondo para pozo de inspección en concreto reforzado de f'c = 28 MPa (4000 PSI), ø= 1.80 m, e = 0.20 m, incluye cañuela en concreto de baja resistencia impermeabilizado y acero de refuerzo	un	82.0	$ 694,711.0	$ 56,966,302.0
4.5	Placa de cubierta para pozo de inspección en concreto reforzado de f'c = 35 MPa (5000 PSI), ø = 1.80 m, e = 0.25 m, impermeabilizado incluye tapa para pozo ø = 0.70 m tipo NP-024 acero de refuerzo	un	82.0	$ 821,245.0	$ 67,342,090.0
4.6	Suministro e instalación de geotextil tipo NT 2100, para recubrimiento de pozo	m2	8,270.0	$ 8,026.0	$ 66,375,020.0
				SUBTOTAL ESTRUCTURAS EN CONCRETO	**$ 697,207,776.0**
	ESTRUCTURA DE VIADUCTO				
5.2	Viaducto 15"	m	20	$ 882,946.04	**$ 17,658,920.80**
5.3	Viaducto 24"	m	30	$ 1,826,384.16	**$ 54,791,524.67**
5.4	Viaducto 30"	m	46	$ 1,765,892.08	**$ 81,231,035.68**
				SUBTOTAL VIADUCTO	**$ 153,681,481.1**
	ESTRUCTURA DE ALIVIO				
6.1	Alivio Lateral en Concreto	m	6	$ 25,007,614.61	**$ 150,045,687.66**
				SUBTOTAL VIADUCTO	**$ 150,045,687.7**
				TOTAL OBRA CIVIL	**$ 4,484,274,572.1**
	SUMINISTROS				
8	**SUMINISTRO (INCLUYE TRANSPORTE)**				
8.1	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 8" CxE con hidrosello de caucho	m	3.0	$ 44,722.0	$ 134,166.0

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
8.2	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 10" CxE con hidrosello de caucho	m	982.0	$ 65,319.0	$ 64,143,258.0
8.3	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 12" CxE con hidrosello de caucho	m	629.0	$ 93,991.0	$ 59,120,339.0
8.4	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 15" CxE con hidrosello de caucho	m	68.0	$ 120,615.0	$ 8,201,820.0
8.5	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 16" CxE con hidrosello de caucho	m	139.0	$ 172,283.0	$ 23,947,337.0
8.6	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 20" CxE con hidrosello de caucho	m	896.0	$ 290,079.0	$ 259,910,784.0
8.7	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 24" CxE con hidrosello de caucho	m	769.0	$ 411,921.0	$ 316,767,249.0
8.8	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 30" CxE con hidrosello de caucho	m	879.0	$ 615,495.0	$ 541,020,105.0
8.9	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 36" CxE con hidrosello de caucho	m	1,480.0	$ 1,142,438.0	$ 1,690,808,240.0
TOTAL SUMINISTROS TUBERÍAS					**$ 2,964,053,298.0**
TOTAL OBRA CIVIL					**$ 4,484,274,572.1**
		ADMINISTRACIÓN		21%	$ 941,697,660.0
		IMPREVISTOS		1%	$ 44,842,746.0
		UTILIDAD		5%	$ 224,213,729.0
		IVA SOBRE UTILIDAD:		0.95%	$ 42,600,608.0
					$ 5,737,629,315.1
TOTAL SUMINISTROS TUBERÍAS					**$ 2,964,053,298.0**
		ADMINISTRACIÓN		15%	$ 444,607,995.0
					$ 3,408,661,293.0
TOTAL PRESUPUESTO					**$ 9,146,290,608.1**

Tabla 1.72. Costos Alternativa No. 2

Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

ALTERNATIVA 3

Los costos asociados a esta alternativa se presentan a continuación.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
OBRA CIVIL					
1	**PRELIMINARES**				
1.1	Localización y Replanteo para redes y componentes de alcantarillado	m	5,965.0	$ 2,340.0	$ 13,958,100.0
1.2	Demolición de pavimento, e = 0.05 – 0.15 m con martillo neumático compresor incluye corte y cargue mecánico de escombros	m2	3,350.0	$ 11,232.0	$ 37,627,200.0
SUBTOTAL PRELIMINARES					**$ 51,585,300.0**
2	**EXCAVACIONES Y LLENOS**				

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
2.1	Excavación manual en material común 2.0 - 4.0 m en seco	m3	3,867.0	$ 46,956.0	$ 181,578,852.0
2.2	Excavación mecánica en material común y conglomerado con profundidad de 0 a 6.0 m	m3	34,682.0	$ 36,682.0	$ 1,272,205,124.0
2.3	Entibado discontinuo en madera tipo ED1, para control en zanjas de profundidad entre 1.00 y 2.50 m (incluye suministro e instalación para 7 usos)	m2	934.0	$ 12,714.0	$ 11,874,876.0
2.4	Entibado continuo en madera tipo EC1, para control en zanjas de profundidad entre 2.50 y 3.50 m (incluye suministro e instalación para 7 usos)	m2	3,148.0	$ 19,360.0	$ 60,945,280.0
2.5	Relleno con arena gruesa para cama de cimentación en tuberías	m3	2,446.0	$ 68,156.0	$ 166,709,576.0
2.6	Atraque de tubería en triturado de 3/4", incluye suministro, tapado y apisonado	m3	952.0	$ 141,124.0	$ 134,350,048.0
2.7	Recebo compactado en capas de 20 cm. Proctor modificado 95%, a todo factor, incluye: recebo, equipos, herramientas y mano de obra	m3	1,819.0	$ 50,745.0	$ 92,305,155.0
2.8	Relleno, tapado y apisonado a todo factor, incluye: material seleccionado de la misma excavación, equipos, herramientas y mano de obra	m3	32,107.0	$ 13,550.0	$ 435,049,850.0
2.9	Recolección, cargue de material sobrante en volqueta hasta botadero distancia menor a 20 Km. Incluye: herramienta menor, transporte, mano de obra, derechos de botadero y todo lo necesario para la correcta ejecución de la obra	m3	5,351.0	$ 37,596.0	$ 201,176,196.0
				SUBTOTAL EXCAVACIONES Y LLENOS	**$ 2,556,194,957.0**
3	**INSTALACIÓN TUBERÍAS COLECTOR**				
3.1	Instalación de Tubería corrugada PEAD 8" CxE con hidrosello de aucho	m	3.0	$ 15,652.7	$ 46,958.1
3.2	Instalación de Tubería corrugada PEAD 10" CxE con hidrosello de caucho	m	982.0	$ 22,861.7	$ 22,450,140.3
3.3	Instalación de Tubería corrugada PEAD 12" CxE con hidrosello de caucho	m	540.0	$ 32,896.9	$ 17,764,299.0
3.4	Instalación de Tubería corrugada PEAD 15" CxE con hidrosello de caucho	m	68.0	$ 42,215.3	$ 2,870,637.0
3.5	Instalación de Tubería corrugada PEAD 16" CxE con hidrosello de caucho	m	88.0	$ 60,299.1	$ 5,306,316.4

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
3.6	Instalación de Tubería corrugada PEAD 20" CxE con hidrosello de caucho	m	645.0	$ 101,527.7	$ 65,485,334.3
3.7	Instalación de Tubería corrugada PEAD 24" CxE con hidrosello de caucho	m	1,231.0	$ 144,172.4	$ 177,476,162.9
3.8	Instalación de Tubería corrugada PEAD 30" CxE con hidrosello de caucho	m	1,003.0	$ 215,423.3	$ 216,069,519.8
3.9	Instalación de Tubería corrugada PEAD 36" CxE con hidrosello de caucho	m	1,408.0	$ 399,853.3	$ 562,993,446.4
				SUBTOTAL INSTALACIÓN TUBERÍAS COLECTOR	**$ 1,070,462,814.1**
4	**ESTRUCTURAS EN CONCRETO**				
4.1	Reposición de pavimento bituminoso denso en caliente, incluye riego de imprimación y riego de liga con emulsión asfáltica	m3	443.0	$ 685,023.0	$ 303,465,189.0
4.2	Cuerpo Manhole para pozo de inspección impermeabilizado integralmente, Øint= 1.50 m en concreto reforzado de 28 MPa, incluye escalones de acceso en tubo de 1" cada 0.40 m con anticorrosivo	m	302.0	$ 664,594.0	$ 200,707,388.0
4.3	Solado en concreto de 14 MPa (2000 PSI) a todo costo e = 0.05 m	m3	20.0	$ 601,292.0	$ 12,025,840.0
4.4	Placa de fondo para pozo de inspección en concreto reforzado de f'c = 28 MPa (4000 PSI), ø= 1.80 m, e = 0.20 m, incluye cañuela en concreto de baja resistencia impermeabilizado y acero de refuerzo	un	81.0	$ 694,711.0	$ 56,271,591.0
4.5	Placa de cubierta para pozo de inspección en concreto reforzado de f'c = 35 MPa (5000 PSI), ø = 1.80 m, e = 0.25 m, impermeabilizado incluye tapa para pozo ø = 0.70 m tipo NP-024 acero de refuerzo	un	81.0	$ 821,245.0	$ 66,520,845.0
4.6	Suministro e instalación de geotextil tipo NT 2100, para recubrimiento de pozo	m2	8,270.0	$ 8,026.0	$ 66,375,020.0
				SUBTOTAL ESTRUCTURAS EN CONCRETO	**$ 705,365,873.0**
	ESTRUCTURA DE VIADUCTO				
5.1	Viaducto 15"	m	15	$ 882,946.04	**$ 13,244,190.60**
5.2	Viaducto 20"	m	40	$ 765,729.67	**$ 30,629,186.79**
5.3	Viaducto 24"	m	30	$ 1,826,384.16	**$ 54,791,524.67**
5.4	Viaducto 30"	m	46	$ 1,765,892.08	**$ 81,231,035.68**
				SUBTOTAL VIADUCTO	**$ 179,895,937.7**
	ESTRUCTURA DE ALIVIO				
6.1	Alivio Lateral en Concreto	m	7	$ 25,007,614.61	**$ 175,053,302.27**
				SUBTOTAL VIADUCTO	**$ 175,053,302.3**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
	TOTAL OBRA CIVIL				**$ 4,738,558,184.1**
	SUMINISTROS				
8	**SUMINISTRO (INCLUYE TRANSPORTE)**				
8.1	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 8" CxE con hidrosello de caucho	m	3.0	$ 44,722.0	$ 134,166.0
8.2	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 10" CxE con hidrosello de caucho	m	982.0	$ 65,319.0	$ 64,143,258.0
8.3	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 12" CxE con hidrosello de caucho	m	540.0	$ 93,991.0	$ 50,755,140.0
8.4	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 15" CxE con hidrosello de caucho	m	68.0	$ 120,615.0	$ 8,201,820.0
8.5	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 16" CxE con hidrosello de caucho	m	88.0	$ 172,283.0	$ 15,160,904.0
8.6	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 20" CxE con hidrosello de caucho	m	645.0	$ 290,079.0	$ 187,100,955.0
8.7	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 24" CxE con hidrosello de caucho	m	1,231.0	$ 411,921.0	$ 507,074,751.0
8.8	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 30" CxE con hidrosello de caucho	m	1,003.0	$ 615,495.0	$ 617,341,485.0
8.9	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 36" CxE con hidrosello de caucho	m	1,408.0	$ 1,142,438.0	$ 1,608,552,704.0
	TOTAL SUMINISTROS TUBERÍAS				**$ 3,058,465,183.0**
	TOTAL OBRA CIVIL				**$ 4,738,558,184.1**
			ADMINISTRACIÓN	21%	$ 995,097,219.0
			IMPREVISTOS	1%	$ 47,385,582.0
			UTILIDAD	5%	$ 236,927,909.0
			IVA SOBRE UTILIDAD:	0.95%	$ 45,016,303.0
					$ 6,062,985,197.1
	TOTAL SUMINISTROS TUBERÍAS				**$ 3,058,465,183.0**
			ADMINISTRACIÓN	15%	$ 458,769,777.0
					$ 3,517,234,960.0
	TOTAL PRESUPUESTO				**$ 9,580,220,157.1**

Tabla 1.73. Costos Alternativa No. 3

Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

ALTERNATIVA 4

Los costos asociados a esta alternativa se presentan a continuación.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
	OBRA CIVIL				
1	**PRELIMINARES**				
1.1	Localización y Replanteo para redes y componentes de alcantarillado	m	6,084.0	$ 2,340.0	$ 14,236,560.0

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
1.2	Demolición de pavimento, e = 0.05 – 0.15 m con martillo neumático compresor incluye corte y cargue mecánico de escombros	m2	3,414.0	$ 11,232.0	$ 38,346,048.0
				SUBTOTAL PRELIMINARES	**$ 52,582,608.0**
2	**EXCAVACIONES Y LLENOS**				
2.1	Excavación manual en material común 2.0 - 4.0 m en seco	m3	4,076.0	$ 46,956.0	$ 191,392,656.0
2.2	Excavación mecánica en material común y conglomerado con profundidad de 0 a 6.0 m	m3	36,560.0	$ 36,682.0	$ 1,341,093,920.0
2.3	Entibado discontinuo en madera tipo ED1, para control en zanjas de profundidad entre 1.00 y 2.50 m (incluye suministro e instalación para 7 usos)	m2	943.0	$ 12,714.0	$ 11,989,302.0
2.4	Entibado continuo en madera tipo EC1, para control en zanjas de profundidad entre 2.50 y 3.50 m (incluye suministro e instalación para 7 usos)	m2	3,058.0	$ 19,360.0	$ 59,202,880.0
2.5	Relleno con arena gruesa para cama de cimentación en tuberías	m3	2,503.0	$ 68,156.0	$ 170,594,468.0
2.6	Atraque de tubería en triturado de 3/4", incluye suministro, tapado y apisonado	m3	972.0	$ 141,124.0	$ 137,172,528.0
2.7	Recebo compactado en capas de 20 cm. Proctor modificado 95%, a todo factor, incluye: recebo, equipos, herramientas y mano de obra	m3	1,854.0	$ 50,745.0	$ 94,081,230.0
2.8	Relleno, tapado y apisonado a todo factor, incluye: material seleccionado de la misma excavación, equipos, herramientas y mano de obra	m3	34,061.0	$ 13,550.0	$ 461,526,550.0
2.9	Recolección, cargue de material sobrante en volqueta hasta botadero distancia menor a 20 Km. Incluye: herramienta menor, transporte, mano de obra, derechos de botadero y todo lo necesario para la correcta ejecución de la obra	m3	5,452.0	$ 37,596.0	$ 204,973,392.0
				SUBTOTAL EXCAVACIONES Y LLENOS	**$ 2,672,026,926.0**
3	**INSTALACIÓN TUBERÍAS COLECTOR**				
3.1	Instalación de Tubería corrugada PEAD 8" CxE con hidrosello de aucho	m	-	$ 15,652.7	$ 0.0
3.2	Instalación de Tubería corrugada PEAD 10" CxE con hidrosello de caucho	m	982.0	$ 22,861.7	$ 22,450,140.3
3.3	Instalación de Tubería corrugada PEAD 12" CxE con hidrosello de caucho	m	489.0	$ 32,896.9	$ 16,086,559.7

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
3.4	Instalación de Tubería corrugada PEAD 15" CxE con hidrosello de caucho	m	217.0	$ 42,215.3	$ 9,160,709.3
3.5	Instalación de Tubería corrugada PEAD 16" CxE con hidrosello de caucho	m	-	$ 60,299.1	$ 0.0
3.6	Instalación de Tubería corrugada PEAD 20" CxE con hidrosello de caucho	m	762.0	$ 101,527.7	$ 77,364,069.3
3.7	Instalación de Tubería corrugada PEAD 24" CxE con hidrosello de caucho	m	1,231.0	$ 144,172.4	$ 177,476,162.9
3.8	Instalación de Tubería corrugada PEAD 30" CxE con hidrosello de caucho	m	1,113.0	$ 215,423.3	$ 239,766,077.3
3.9	Instalación de Tubería corrugada PEAD 36" CxE con hidrosello de caucho	m	1,293.0	$ 399,853.3	$ 517,010,316.9
				SUBTOTAL INSTALACIÓN TUBERÍAS COLECTOR	**$ 1,059,314,035.5**
4	**ESTRUCTURAS EN CONCRETO**				
4.1	Reposición de pavimento bituminoso denso en caliente, incluye riego de imprimación y riego de liga con emulsión asfáltica	m3	451.0	$ 685,023.0	$ 308,945,373.0
4.2	Cuerpo Manhole para pozo de inspección impermeabilizado integralmente, Øint= 1.50 m en concreto reforzado de 28 MPa, incluye escalones de acceso en tubo de 1" cada 0.40 m con anticorrosivo	m	310.0	$ 664,594.0	$ 206,024,140.0
4.3	Solado en concreto de 14 MPa (2000 PSI) a todo costo e = 0.05 m	m3	21.0	$ 601,292.0	$ 12,627,132.0
4.4	Placa de fondo para pozo de inspección en concreto reforzado de f'c = 28 MPa (4000 PSI), ø= 1.80 m, e = 0.20 m, incluye cañuela en concreto de baja resistencia impermeabilizado y acero de refuerzo	un	83.0	$ 694,711.0	$ 57,661,013.0
4.5	Placa de cubierta para pozo de inspección en concreto reforzado de f'c = 35 MPa (5000 PSI), ø = 1.80 m, e = 0.25 m, impermeabilizado incluye tapa para pozo ø = 0.70 m tipo NP-024 acero de refuerzo	un	83.0	$ 821,245.0	$ 68,163,335.0
4.6	Suministro e instalación de geotextil tipo NT 2100, para recubrimiento de pozo	m2	8,270.0	$ 8,026.0	$ 66,375,020.0
				SUBTOTAL ESTRUCTURAS EN CONCRETO	**$ 719,796,013.0**
	ESTRUCTURA DE VIADUCTO				
5.1	Viaducto 15"	m	15	$ 882,946.04	**$ 13,244,190.60**
5.2	Viaducto 20"	m	40	$ 765,729.67	**$ 30,629,186.79**
5.3	Viaducto 24"	m	30	$ 1,826,384.16	**$ 54,791,524.67**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
5.4	Viaducto 30"	m	46	$ 1,765,892.08	**$ 81,231,035.68**
				SUBTOTAL VIADUCTO	**$ 179,895,937.7**
			ESTRUCTURA DE ALIVIO		
6.1	Alivio Lateral en Concreto	m	7	$ 25,007,614.61	**$ 175,053,302.27**
				SUBTOTAL VIADUCTO	**$ 175,053,302.3**
				TOTAL OBRA CIVIL	**$ 4,858,668,822.5**
			SUMINISTROS		
8	**SUMINISTRO (INCLUYE TRANSPORTE)**				
8.1	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 8" CxE con hidrosello de caucho	m	-	$ 44,722.0	$ 0.0
8.2	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 10" CxE con hidrosello de caucho	m	982.0	$ 65,319.0	$ 64,143,258.0
8.3	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 12" CxE con hidrosello de caucho	m	489.0	$ 93,991.0	$ 45,961,599.0
8.4	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 15" CxE con hidrosello de caucho	m	217.0	$ 120,615.0	$ 26,173,455.0
8.5	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 16" CxE con hidrosello de caucho	m	-	$ 172,283.0	$ 0.0
8.6	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 20" CxE con hidrosello de caucho	m	762.0	$ 290,079.0	$ 221,040,198.0
8.7	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 24" CxE con hidrosello de caucho	m	1,231.0	$ 411,921.0	$ 507,074,751.0
8.8	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 30" CxE con hidrosello de caucho	m	1,113.0	$ 615,495.0	$ 685,045,935.0
8.9	Suministro de tubería corrugada PEAD N12 WT 36" CxE con hidrosello de caucho	m	1,293.0	$ 1,142,438.0	$ 1,477,172,334.0
				TOTAL SUMINISTROS TUBERÍAS	**$ 3,026,611,530.0**
				TOTAL OBRA CIVIL	**$ 4,858,668,822.5**
			ADMINISTRACIÓN	21%	$ 1,020,320,453.0
			IMPREVISTOS	1%	$ 48,586,688.0
			UTILIDAD	5%	$ 242,933,441.0
			IVA SOBRE UTILIDAD:	0.95%	$ 46,157,354.0
					$ 6,216,666,758.5
				TOTAL SUMINISTROS TUBERÍAS	**$ 3,026,611,530.0**
			ADMINISTRACIÓN	15%	$ 453,991,730.0
					$ 3,480,603,260.0
				TOTAL PRESUPUESTO	**$ 9,697,270,018.5**

Tabla 1.74. Costos Alternativa No. 4

Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la evaluación económica de alternativas para el colector norte.

Según los costos obtenidos se obtienen los siguientes resultados a la evaluación económica.

EVALUACIÓN ECONÓMICA				
ALTERNATIVA	**ALTERNATIVA 1**	**ALTERNATIVA 2**	**ALTERNATIVA 3**	**ALTERNATIVA 4**
PRESUPUESTO	$ 7,141,735,705	$ 9,146,290,608	$ 9,580,220,157	$ 9,697,270,019
VALOR	$ 7,141,735,705	$ 9,146,290,608	$ 9,580,220,157	$ 9,697,270,019
PUNTAJE	**100.00**	**78.08**	**74.55**	**73.65**

Tabla 1.75. Resultados Evaluación Económica
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Como se puede observar, la alternativa que genera una menor inversión económica corresponde a la alternativa de redes número uno.

1.9.3 EVALUACIÓN AMBIENTAL

La evaluación ambiental es un instrumento de planificación que permite garantizar la participación activa de la ciudadanía, mitigar los impactos negativos y potenciar los positivos para la sostenibilidad del proyecto. Esta evaluación permite definir la viabilidad de las alternativas propuestas con respecto a los impactos que puedan generar cada una de las obras contempladas dentro de la misma.

La evaluación ambiental propende por hacer que los proyectos o actividades sean ambientalmente satisfactorios y que las consecuencias ambientales sean manifestadas en las etapas tempranas del desarrollo del proyecto, es decir antes de que se materialicen.

En términos generales se puede decir que la Evaluación de Impacto Ambiental se inicia con un "enfrentamiento" entre el proyecto y el ambiente, del cual resultan los impactos ambientales, que luego deben ser evaluados para determinar su significancia y posteriormente para cada uno de los ellos se plantea una medida de manejo que elimine o reduzca las consecuencias del cambio generado. La Evaluación de Impacto Ambiental, se realiza secuencialmente en las siguientes tres (03) fases o componentes:



Figura 1.51. Esquema General para Evaluación Ambiental
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.9.3.1 CARCATERIZACIÓN DEL PROYECTO

Para identificar los impactos es indispensable empezar por un buen conocimiento del proyecto propuesto, de sus componentes, sus procesos constructivos y operativos, las etapas de desarrollo que comprende, etc. Es por eso, que la evaluación se inicia con una caracterización del proyecto de tal forma que se puedan identificar las causas o acciones que están generando los cambios sobre el medio ambiente.

Teniendo en cuenta lo anterior, se prosigue a determinar las etapas y actividades para le evaluación de alternativas. Es importante resaltar que la evaluación de los impactos se realizará teniendo en cuenta las actividades a realizar antes, durante y después de la ejecución del proyecto, dichas actividades y sus respectivas etapas se presentan a continuación:

FASES	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	Acarreo y Trasporte de Materiales	Esta actividad hace referencia al transporte y acarreo de los materiales que se requerirán para la correcta ejecución de las obras propuestas.
	Descapote y Remoción de la Capa Orgánica	Esta actividad consiste en el desmonte y limpieza del terreno natural en el área intervenida por la obra. Se deberá remover el rastrojo, maleza, pastos, raíces, de modo que el terreno queda limpio y su superficie adecuada para las obras, en este caso el material orgánico removido debe recibir un tratamiento
	Excavaciones	Esta actividad hace referencia a las excavaciones requeridas para la instalación de las redes, accesorios y para la construcción de las estructuras que harán parte del sistema de alcantarillado del colector norte.
	Retiro de Material Sobrante	El material sobrante proveniente de las excavaciones deberá retirarse del sitio fuera de las áreas de trabajo, esta consultoría asumirá las responsabilidades por la disposición final del material en los botaderos debidamente aprobados por la autoridad competente.
	Estabilización del Suelo	Consiste en realizar todas aquellas actividades que mejoren la resistencia del suelo con el fin de aumentar la cohesión y/o la fricción de la mezcla suelo-producto estabilizante o del suelo modificado.
	Construcción de Estructuras	Esta actividad hace referencia a todas las obras requeridas propuestas por parte de la Consultoría para la operación y/o puesta en marcha del colector norte del sistema de alcantarillado sanitario.
	Demolición de Estructuras	Esta actividad hace referencia a las obras requeridas para retirar las estructuras existentes.
ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Operación del Sistema de Alcantarillado	Hace referencia a todas aquellas actividades para el correcto funcionamiento y operación del colector norte
	Limpieza y Mantenimiento del Sistema de alcantarillado	Esta actividad consiste en la limpieza y mantenimiento de las estructuras propuestas para el colector norte, con el fin de que este no sufra colapsos, colmataciones, o algún otro tipo de problema que impida su correcto funcionamiento.

Tabla 1.76. Caracterización del Proyecto

Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Una vez identificadas las etapas del proyecto, se deberán determinar las acciones susceptibles de producir impacto (ASPI), con sus respectivos aspectos ambientales. De manera general se consideran las siguientes categorías:

- Acciones que modifican la calidad y el uso del suelo.
- Acciones que modifican la calidad, disponibilidad y uso del agua (vertimientos de aguas de lavado, de proceso o domésticas).
- Acciones que actúan sobre el medio biótico (la flora y fauna).
- Acciones que implican deterioro del paisaje.
- Acciones que implican emisión de contaminantes a la atmósfera (gases, olores, ruidos, material particulado, calor u olores).

- Acciones que repercuten sobre la infraestructura existente.
- Acciones que producen residuos (especiales y no especiales).
- Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural.

Los aspectos ambientales permiten ver más claramente la relación proyecto-ambiente. En la siguiente tabla, se presenta el listado de las Acciones Susceptibles a Producir Impacto (ASPI), consideradas para la Evaluación de Impactos:

ETAPA	SUB-ETAPA/FASE	ASPI	ASPECTOS AMBIENTALES
CONSTRUCCIÓN	Acarreo y Transporte de Materiales	Transporte y acarreos	• Emisión de material Particulado • Emisión de niveles de ruido superando la norma
		Contratación de Personal	• Demanda de mano de obra local • Disponibilidad de Recurso Hídrico
		Almacenamiento de combustible	• Contaminación del suelo por Residuos Peligrosos y/o especiales • Contaminación del suelo por derrames • Alteración de propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua
		Limpieza de Vehículos	• Alteración de propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua • Generación de residuos solidos
	Descapote y Remoción de la capa orgánica	Operación maquinaria y equipos	• Emisión de material Particulado • Emisión de niveles de ruido superando la norma
		Limpieza de maquinaria	• Disponibilidad de Recurso Hídrico • Alteración de propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua • Generación de residuos solidos
		Adquisición de Predios	• Desplazamiento de Especies • Alteración de población herbácea, arbustiva y/o arbórea • Reubicación temporal o permanente de comunidades
		Voladuras	• Emisión de material Particulado
	Excavaciones	Cortes	• Alteración del contenido de materia orgánica del suelo. • Alteración de Edafón • Deslizamiento de suelos • Erosión superficial
		Conformación de terraplenes	• Compactación del suelo • Alteración del contenido de materia orgánica del suelo. • Alteración de Edafón
		Disposición de sobrantes	• Generación de residuos solidos
		Operación maquinaria y equipos	• Emisión de material Particulado • Emisión de niveles de ruido superando la norma
		Limpieza de maquinaria	• Alteración de propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua
		Adquisición de Predios	• Desplazamiento de Especies • Alteración de población herbácea, arbustiva y/o arbórea

ETAPA	SUB-ETAPA/FASE	ASPI	ASPECTOS AMBIENTALES
			• Reubicación temporal o permanente de comunidades
		Nivelaciones y Rellenos	• Compactación del suelo • Alteración del contenido de materia orgánica del suelo. • Alteración de Edafón
	Retiro de Material Sobrante	Transporte y acarreos	• Emisión de material Particulado
		Voladuras	• Emisión de material Particulado
		Almacenamiento de combustibles, materias primas e insumos	• Contaminación del suelo por Residuos Peligrosos y/o especiales • Contaminación del suelo por derrames • Alteración de propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua
	Estabilización del Suelo	Adquisición de Predios	• Desplazamiento de Especies • Alteración de población herbácea, arbustiva y/o arbórea • Reubicación temporal o permanente de comunidades
		Limpieza del sitio	• Alteración de propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua • Generación de residuos solidos
		Transporte y acarreos	• Emisión de material Particulado
		Operación de maquinaria y equipos	• Emisión de material Particulado • Emisión de niveles de ruido superando la norma
		Limpieza de maquinaria	• Alteración de propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua • Generación de residuos solidos
	Construcción	Levantamiento de Estructuras	• Emisión de material Particulado • Emisión de niveles de ruido superando la norma • Generación de residuos solidos • Desplazamiento de especies • Afectación de ambientes que constituyen áreas de reproducción de especies • Alteración de población herbácea, arbustiva y/o arbórea • Afectación de cuerpos receptores que se usan como fuente de abastecimiento • Obstrucción de la visibilidad • Afectación, intervención de territorios con valor o riqueza paisajista
		Almacenamiento de combustibles, materias primas y otros insumos	• Contaminación del suelo por Residuos Peligrosos y/o especiales • Contaminación del suelo por derrames • Alteración de propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua
		Campamentos	• Disponibilidad de recurso hídrico • Generación de residuos solidos

ETAPA	SUB-ETAPA/FASE	ASPI	ASPECTOS AMBIENTALES
			• Afectación de ambientes que constituyen áreas de reproducción de especies • Obstrucción de la visibilidad
		Limpieza del sitio	• Alteración de propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua. • Disponibilidad de recurso hídrico • Generación de residuos sólidos.
		Nivelaciones y Rellenos	• Compactación del suelo • Alteración del contenido de materia orgánica del suelo. • Alteración de la Edadofauna
		Operación maquinaria y equipos	• Emisión de material Particulado • Emisión de niveles de ruido superando la norma • Alteración de población herbácea, arbustiva y/o arbórea
		Limpieza del sitio	• Alteración de propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua. • Disponibilidad de recurso hídrico
	Demolición de Estructuras Existentes	Voladuras	• Emisión de material Particulado
		Almacenamiento de combustibles, materias primeas y otros insumos	• Contaminación del suelo por Residuos Peligrosos y/o especiales • Contaminación del suelo por derrames • Alteración de propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Operación Sistema	Limpieza del sitio	• Alteración de propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua. • Disponibilidad del recurso hídrico • Generación de residuos solidos
	Limpieza y mantenimiento	Transporte y acarreos	• Emisión de material Particulado • Emisión de niveles de ruido superando la norma

Tabla 1.77. Acciones Susceptibles a Producir Impacto Ambiental
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.9.3.2 CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La caracterización del ambiente es el segundo paso para la evaluación de impacto ambiental y es fundamental para el análisis de los impactos ambientales que resultan del proyecto. Para la caracterización del ambiente se utilizan los resultados obtenidos en la caracterización del proyecto. En esta fase, se identifican los criterios y/o aspectos ambientales, tal como se evidencia en la siguiente tabla. Es de aclarar que los criterios tomados en cuenta para la realización de la evaluación ambiental se aplican considerando que cada uno de los impactos pueden presentarse antes, durante y después de la ejecución del proyecto.

MEDIO	COMPONENTE	ELEMENTO	CRITERIO
FÍSICO	Agua	Calidad	Alteración de propiedades físicas, químicas y microbiológicas.

MEDIO	COMPONENTE	ELEMENTO	CRITERIO
	Aire	Calidad	Emisión de material particulado
			Generación de Ruido
			Generación de olores ofensivos
	Suelo	Propiedades químicas	Contaminación del suelo, por derrames
			Alteración del contenido de materia orgánica
		Propiedades físicas	Deslizamiento de suelos
			Generación de Residuos Sólidos.
			Compactación del Suelo
			Contaminación por Residuos Peligrosos y/o especiales.
			Erosión Superficial
		Propiedades biológicas	Alteración de la Edadofauna
BIÓTICO	Fauna	Comunidades terrestres y Acuáticas	Desplazamiento de especies
	Flora	Especies herbáceas, arbóreas y arbustivas	Alteración de población herbácea, arbustiva y/o arbórea
PERCEPTUAL	Paisaje	Paisaje Natural	Afectación, intervención o explotación de territorios con valor o riqueza paisajística

Tabla 1.78. Criterios de Evaluación Ambiental
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.9.3.3 METODOLOGÍA DE EVALAUCIÓN

La evaluación se realiza con base en la metodología y matriz de evaluación de impactos de Vicente Conesa Fernández -Vitora (1997) la cual define una matriz donde se evalúan los posibles impactos, por medio de seis (06) diferentes variables, las cuales definen la importancia y magnitud de los impactos ambientales encontrados. En la siguiente tabla se realiza la descripción de cada una de las variables y de las posibles puntuaciones que puede tener.

PARÁMETROS	DEFINICIÓN	RANGO	CALIFICACIÓN
Tipo de impacto o carácter (TI)	Define si la acción es benéfica o positivo (+) o, perjudicial o negativa (-); o si la acción no genera impactos durante su ejecución.	Negativo	-
		N.A.	N.A.
		Positivo	+
Intensidad (I)	Expresa el grado de intervención del elemento	Baja	1
		Moderada	5
		Alta	10
Área de influencia (AI)	Define el área afectada por el proyecto en función de su representación espacial	Puntual	1
		Local	5
		Regional	10
Importancia (IM)	Califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental directo o indirecto producido	Baja	1
		Moderada	5
		Alta	10
Duración (D)	Evalúa el tiempo durante el cual las repercusiones serán sentidas o resentidas	Corto plazo	1
		Mediano plazo	5
		Largo plazo	10

PARÁMETROS	DEFINICIÓN	RANGO	CALIFICACIÓN
Probabilidad (P)	Califica la probabilidad que el impacto pueda darse durante la vida útil del proyecto	Baja	1
		Media	5
		Alta	10

Tabla 1.79. Parámetros de Calificación Ambiental
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.9.3.4 RESULTADOS

Una vez obtenidas las puntuaciones para cada uno de los impactos y así mismo para cada uno de los componentes ambientales; se realiza la suma de los impactos por fase; con el fin de conocer cuál es la alternativa que más impactos genera a lo largo de todo el proyecto

A continuación, se presenta el compilado de la evaluación ambiental realizada por cada alternativa:

COMPONENTE	ELEMENTOS	CRITERIO DE EVALUACIÓN	ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4
Agua	Calidad de agua	Alteración de propiedades físicas, químicas y microbiológicas.	-24	-24	-24	-24
TOTAL AGUA			**-24**	**-24**	**-24**	**-24**
Aire	Calidad del Aire	Emisión de material particulado	-200	-200	-200	-200
		Generación de Ruido	-160	-160	-160	-160
		Generación de olores ofensivos	-100	-100	-100	-100
TOTAL AIRE			**-460**	**-460**	**-460**	**-460**
Suelo	Propiedades químicas del suelo	Contaminación del suelo, por derrames	-100	-100	-100	-100
		Alteración del contenido de materia orgánica	-60	-60	-60	-60
	Propiedades físicas del suelo	Deslizamiento de suelos	-118	-118	-122	-108
		Generación de Residuos Sólidos.	-132	-132	-128	-132
		Compactación del Suelo	-74	-74	-64	-64
		Contaminación por Residuos Peligrosos y/o especiales.	-124	-124	-120	-124
		Erosión Superficial	-28	-28	-42	-28
	Propiedades biológicas	Alteración de la Edafofauna	-68	-68	-68	-68
TOTAL SUELO			**-704**	**-704**	**-704**	**-684**
Fauna	Comunidades terrestres y acuáticas	Desplazamiento de especies	-72	-72	-72	-72
TOTAL FAUNA			**-72**	**-72**	**-72**	**-72**
Flora	Especies herbáceas, arbóreas y arbustivas	Alteración de población herbácea, arbustiva y/o arbórea	-72	-72	-72	-72
Paisaje	Paisaje natural	Alteración del Paisaje Natural	-175	-175	-165	-160
TOTAL FLORA			**-247**	**-247**	**-237**	**-232**
PROMEDIO			-109.63	-100.47	-99.80	-98.13

Tabla 1.80. Evaluación Ambiental
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Teniendo en cuenta la evaluación ambiental realizada, y cada uno de los criterios analizados para cada una de las alternativas propuestas, a continuación, se describen y analiza, el ponderado de la alternativa ganadora la cual supone menor impacto negativo.

EVALUACIÓN AMBIENTAL				
ALTERNATIVA/COMPONENTE	**ALTERNATIVA 1**	**ALTERNATIVA 2**	**ALTERNATIVA 3**	**ALTERNATIVA 4**
AGUA	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00
AIRE	-460.00	-460.00	-460.00	-460.00
SUELO	-704.00	-704.00	-704.00	-684.00
FAUNA	-72.00	-72.00	-72.00	-72.00
FLORA	-247.00	-247.00	-237.00	-232.00
SUMA	-1507.00	-1507.00	-1497.00	-1472.00
VALOR	**1507.00**	**1507.00**	**1497.00**	**1472.00**
PUNTAJE	97.68	97.68	98.33	100.00

Tabla 1.81. Evaluación Ambiental
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Como se puede observar, la alternativa que supone un menor impacto ambiental es la alternativa No 4.

1.9.4 EVALUACIÓN SOCIAL E INSTITUCIONAL

La evaluación social e institucional es un instrumento de planificación que busca garantizar la participación activa de la ciudadanía, mitigar los impactos negativos y potenciar los positivos para la sostenibilidad social del proyecto.

1.9.4.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Esta evaluación consiste en determinar cuál es la alternativa que genera un mayor beneficio social, para ello se estima el **Retorno Social de la Inversión – UK**, para lo cual se identifican los actores del proyecto que experimentan cambio o afectan el proyecto de forma positiva o negativa. A continuación, se presenta la lista de todos aquellos actores que podrían afectar o ser afectados por el proyecto, dentro del alcance del mismo:

QUIEN TIENE EFECTOS SOBRE NOSOTROS **EN QUIEN TENEMOS EFECTO**	**COMO AFECTAN O SON AFECTADOS POR EL PROYECTO**
Municipio	Se genera empleo por la construcción de la alternativa Se mejora la calidad del recurso hídrico (quebrada El Espinal). Se mejoran las condiciones de salubridad de la población ubicada en inmediaciones a la quebrada El Espinal.
Empresas de Servicios Públicos	Se mejora la prestación del servicio de alcantarillado.
Nación	Pago por el empleo generado. Recuperación del recurso hídrico.

Tabla 1.82. Actores Involucrados
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

A continuación, se presenta la evaluación de alternativas, teniendo en cuenta las inversiones su valor, y las descripciones de cada uno de los resultados:

¿A QUE PRECIO?		¿QUE CAMBIA?
INVERSIÓN	**RESULTADOS**	**DESCRIPCIÓN**
¿Que se invierte? (dinero o tiempo)	**¿Qué se genera con la inversión?**	**Descripción de los cambios generados después de involucrar a los actores**
Tiempo	Aumento de la calidad de vida	Se generó mayor empleo por la implementación de la alternativa. Se mejoran las condiciones de salubridad del área de estudio.
	Construcción del colector	La comunidad presenta un mayor sentido de pertenencia por la construcción del colector y la recuperación del recurso hídrico.
Prestación del servicio de alcantarillado	Aumento en la calidad de vida	Recuperación y mejora en la calidad del recurso hídrico.
		Manejo adecuado de los vertimientos de los sistemas de alcantarillado de las urbanizaciones nuevas y/o independientes existentes en la cabecera municipal.

Tabla 1.83. Entorno de Evaluación Social
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

- **GENERACIÓN DE EMPLEO**

La Generación de Empleo se determinó teniendo en cuenta el mayor costo económico de la alternativa, ya que generara mayor empleo por la construcción, y que esta misma cantidad tiene sentido de pertenencia por la alternativa.

- **AUMENTO DE LA CALIDAD DE VIDA**

El aumento de la calidad de vida es un factor muy importante al momento de realizar la evaluación social e institucional, ya que este hace alusión a varios niveles de generalización de la comunidad, supone otros aspectos inmersos entre los cuales:

- Aumento de Empleo.
- Disminución de enfermedades por mal manejo sanitario.
- Aumento en la calidad de agua del vertimiento.
- Disminución o aumento de olores ofensivos.
- Reducción de vectores propagadores de enfermedades.

Las alternativas suponen iguales puntajes, ya que cualquiera de las alternativas propuestas genera una mejor calidad de vida para la población, por la recolección de las aguas residuales sanitarias evitando la disminución de olores ofensivos y proliferación de vectores y/o enfermedades.

- **PRESTACIÓN DEL SERVICIO**

Otro de los factores analizados que supone una gran importancia para la evaluación social e institucional es la prestación del servicio. Se debe tener en cuenta que esta deberá ser eficiente y garantizar evitar cualquier interrupción en su normal funcionamiento. De igual forma, y en el caso particular del presente proyecto, la prestación del servicio se encuentra directamente relacionada con el manejo adecuado de los vertimientos de todos los sistemas de alcantarillado, lo que a su vez permite el cuidado y recuperación del recurso hídrico.

1.9.4.2 RESULTADOS

Teniendo en cuenta la evaluación social realizada, y cada uno de los criterios analizados para las alternativas propuestas del proyecto, a continuación, se describen y analiza el puntaje ponderado de la alternativa ganadora la cual comprende un mayor beneficio social a la población. A continuación, se presenta el análisis realizado de los aspectos sociales que intervienen en el desarrollo de las alternativas, cuantificando estas y estableciendo la alternativa que mayor viabilidad presenta.

Los resultados de la evaluación social e institucional de las alternativas, son presentados en la siguiente tabla:

SOCIAL E INSTITUCIONAL				
FACTORES ANALIZADOS	**ALTERNATIVA 1**	**ALTERNATIVA 2**	**ALTERNATIVA 3**	**ALTERNATIVA 4**
Generación de Empleo	100	100	100	100
Salud Publica y Calidad de Vida	100	100	100	100
Disminución Enfermedades Generadas saneamiento básico	100	100	100	100
Prestación del Servicio	100	100	100	100
Afectación Urbanística	50	50	70	100
Recuperación características físicas de la zona a intervenir	40	40	50	90
TOTAL	78	78	84	98
Puntaje	**79.59%**	**79.59%**	**85.71%**	**100.00%**

Tabla 1.84. Resultados Evaluación Social
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.9.5 EVALUACIÓN PREDIAL Y CATASTRAL

La evaluación predial y catastral considera como indicador de la facilidad o dificultad de la negociación, adquisición, acceso y utilización de los predios circunscritos dentro de cada alternativa, y que podría desencadenar un mayor tiempo para el inicio de las obras, convirtiéndose en riesgo de sobrecosto (Indicador: Número y titularidad de predios requeridos por la alternativa). En el mismo sentido, entre menor número de predios mayor agilidad tendrá el proceso de adquisición. A continuación, se presentan los criterios de evaluación y metodología para la evaluación predial y catastral de alternativas.

1.9.5.1 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

El componente de evaluación predial se define en cinco (05) criterios determinantes los cuales establecen los parámetros fundamentales de información de cada proyecto y posterior saneamiento de los mismos. La presente consultoría determina que los factores de evaluación predial para el presente proyecto corresponden a:

- Área total de afectación.
- Número de predios de afectación para adquisición.
- Numero de predios o metros lineales de afectación por servidumbre.
- Investigación jurídica y normativa.

Es importante establecer que cada factor de evaluación, está totalmente correlacionado con los demás factores, así como las actividades que corresponden a cada uno, se hacen de manera en su mayoría simultánea.

- **ÁREA TOTAL DE AFECTACIÓN**

El área total de afectación es un determinante técnico que indica la cantidad de metros cuadrados a intervenir, este factor se establece, con el fin de determinar las cuantías monetarias que afectan directamente al proyecto, así como presentar una correlación directa con los costos, es decir, a mayor área de afectación mayores costos de ejecución, mayores costos de compra, finalmente la presente consultoría con el ámbito de establecer la mejor alternativa determina qué; la opción que presente menor área de total de afectación es la que genera mayor viabilidad del mismo.

- **PREDIOS AFECTADOS (ADQUISICIÓN)**

En la valoración de derechos de propiedad se realiza una identificación de la cantidad de inmuebles afectados determinante fundamental de ponderación contemplada por la presente consultoría. El número de predios denominados como adquisición está directamente correlacionado con los costos y procesos que conlleven es decir a mayor cantidad de predios, mayor investigación técnica, normativa, jurídica y social, mayor procesamiento información, mayor tiempo de negociación con terceros, así como mayor tiempo de procesos notariales.

Los predios que poseen estructuras existentes superficiales que requieran optimización y/o reparación, y predios con estructuras proyectadas son los inmuebles que se toman como objeto de estudio en la presente evaluación.

- **PREDIOS AFECTADOS (SERVIDUMBRES)**

Para determinar este factor es importante definir que la servidumbre es gravamen impuesto sobre un predio en utilidad a favor de otro que se beneficia. Existen diferentes tipos de servidumbre, entre las más usadas están las de Tránsito, Hidrocarburos, Servicios Públicos y Eléctricas. Se denomina predio dominante aquel que reporta la utilidad y predio sirviente el que sufre el gravemente.

Con lo anterior los inmuebles que presenten pasos por servidumbre en su defecto requieren establecer las acciones de legalización de los derechos de los inmuebles sobre las zonas afectadas. Por lo tanto, la cuantificación de los estos predios es de gran importancia para la determinación de la mejor alternativa de solución. Debido a que requieren el mismo proceso de investigación que requieren los predios de adquisición, así como la relación mayor número de predios mayor investigación técnica, normativa, jurídica y social, mayor procesamiento información, mayores tiempos de negociación con terceros, así como mayores tiempos de procesos notariales.

Finamente la cantidad de predios afectados por servidumbre se establecerá con base a la tubería proyectada que esté sobre puesta en predios de índole privado, partiendo de la base que la tubería existente tiene con antelación un saneamiento predial.

- **INVESTIGACIÓN JURÍDICA Y NORMATIVA**

Es necesario establecer la determinación Jurídica y la determinación Normativa para cada predio, como factor de evaluación para las alternativas.

DETERMINACIÓN NORMATIVA

Es necesario establecer que la normatividad implementada es dictaminada por entidades territoriales y gubernamentales los cuales establecen aspectos como uso, edificabilidad, áreas actividad, tratamiento y restricciones en cada caso particular del inmueble al cual aplique. Para el presente estudio se consultó las siguientes entidades

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
- Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).
- Instituto Nacional de Vías (Invias).

Adicionalmente el contexto normativo estará sujeto a las siguientes reglamentaciones de ámbito Nacional:

- Ley 2811 de 1974.
- Ley 14 de 1983.
- Ley 388 de 1997.
- Ley 99 de 1993.
- Ley 160 de 1994.
- Ley 1561 de 2012.
- Resolución 2555 de 1988 expedida por el IGAC.
- Resolución 70 de 2011

DETERMINACIÓN JURÍDICA

La determinación jurídica en el presente contrato, contempla la evaluación puntual del estado de la jurisprudencia de un inmueble, dictaminando los mecanismos necesarios para la establecer la titularidad a favor de la Empresa Prestadora de Servicios El titular de dominio puede proceder de Enajenación Voluntaria y en caso tal que no se llegue a un mutuo acuerdo o las limitaciones al dominio prohíban una negociación inicial voluntaria, se realizara una adquisición por vías administrativas.

Estos procesos jurídicos pueden tomar tiempos indeterminados de negociación y costos adicionales a los presupuestos en el proyecto, por lo tanto, la importancia de este factor radica en la cantidad de investigación que implica realizar por cada predio de estudio, entre mayor la cantidad se de predios que requieran intervención, representa mayor costos y tiempos de ejecución.

1.9.5.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Una vez establecidos los criterios de evaluación y con el fin de determinar la selección de la mejor alternativa se plantea la ponderación de los mismos. La presente Consultoría determino la ponderación de cada factor la siguiente manera:

CRITERIO DE EVALUACIÓN	PORCENTAJE (%)
Área total de afectación (m^2)	20%
Número de predios afectados (Adquisición)	20%
Número de predios afectados (Servidumbre)	20%
Investigación Jurídica	25%
Estudio Socio - Económico	15%

Tabla 1.85. Ponderación de Criterios de Evaluación Predial y Catastral
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Es importante aclarar que, aunque la consultoría tiene en cuenta en el análisis predial diferentes criterios de evaluación, se identifica que, para el Número de predios afectados (Adquisición), Número de predios afectados (Servidumbre), Investigación Jurídica y Estudio Socio – Económico, la afectación seria transversal a las alternativas, tal como se muestra en la siguiente tabla, por esto la consultoría procede a tener en cuenta en la ponderación únicamente el Área total de afectación (m^2), dándole un porcentaje de 100%.

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4
Área total de Afectación (m2)	5549.40	5260.50	5371.20	5478.30
Número de Predios Afectados (Adquisición)	0.00	0.00	0.00	0.00
Afectación por servidumbre (ml)	988.80	988.80	744.90	93.30
Investigación Jurídica	0.00	0.00	0.00	0.00
Estudio Socio económico	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 1.86. Afectación Predial y Catastral
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.9.5.3 RESULTADOS

Teniendo en cuenta los criterios y la metodología de evaluación predial y catastral descrita anteriormente, a continuación, se presentan los resultados y el puntaje asignado a cada una de las alternativas, en conformidad con porcentaje de ponderación asignado a cada uno de los criterios de evaluación.

PUNTAJE				
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4
Área total de Afectación	95%	100%	98%	96%
Número de Predios Afectados (Adquisición)	100%	100%	100%	100%
Número de Predios Afectados (Servidumbre)	9%	9%	13%	100%
Investigación Jurídica y Normativa	100%	100%	100%	100%
Estudio Socio económico	100%	100%	100%	100%

Tabla 1.87. Resultados Evaluación Predial y Catastral
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

En la siguiente figura se muestra la representación gráfica de los resultados obtenidos en la evaluación del criterio predial y catastral.

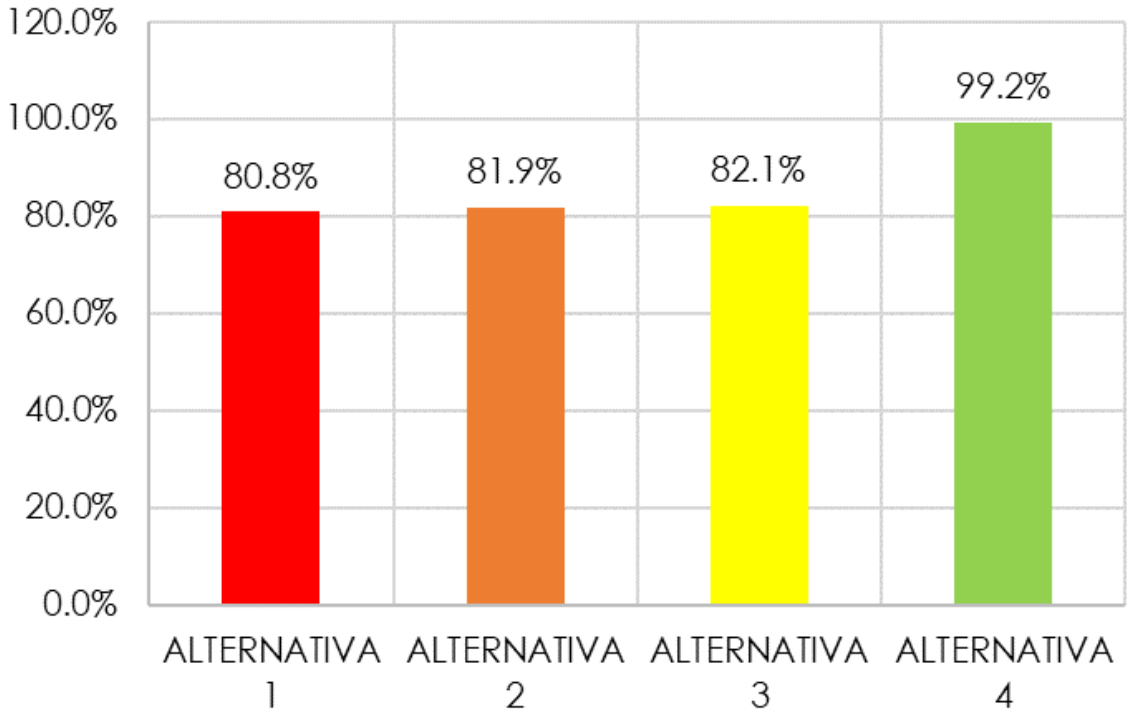


Figura 1.52. Esquema General para Evaluación Ambiental
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Como se puede evidenciar, la alternativa que genera menor impacto en el tema predial, es la alternativa No 4

1.9.6 EVALUACIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La evaluación de operación y mantenimiento, valora en forma integral la complejidad operativa en torno a los mecanismos empleados para el manejo de cada alternativa y de los recursos físicos y humanos necesarios para el mantenimiento y la operación del sistema. A continuación, se presenta los criterios y metodología de calificación para la evaluación de operación y mantenimiento:

1.9.6.1 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Esta evaluación se puntúa teniendo en cuenta los siguientes criterios de evaluación:

- Personal requerido para las tareas de mantenimiento y operación de las estructuras planteadas.
- Costos por mantenimiento
- Costo de operación y mantenimiento para la Estación de Bombeo de Aguas Residuales

A continuación, se presentan los costos tomados en cuenta para la evaluación de alternativas:

- **COSTO POR MANTENIMIENTO**

Para establecer el costo de mantenimiento para la red de alcantarillado que compondrá el colector norte, se asumió un factor de mantenimiento del 0,05 sobre el presupuesto calculado para cada alternativa.

Una vez teniendo el factor de mantenimiento, se multiplica este valor por la longitud de aducción y conducción de cada alternativa y se realiza la proyección correspondiente al año de diseño, con un factor de incremento anual del 1% y una tasa de interés del 12.00%. A continuación, se presenta el valor presente neto para cada una de las alternativas.

ALTERNATIVA	COSTOS POR MANTENIMIENTO		PUNTAJE
1	$	3,120,727,262.84	100
2	$	3,996,658,464.16	78
3	$	4,186,272,842.16	75
4	$	4,237,420,169.48	74

Tabla 1.88. Costos Actuales de Mantenimiento
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

- **COSTO DE PERSONAL**

Para evaluar los costos por personal, se tienen en cuenta el número de operarios, Administradores, auxiliares y vigilantes que conformaran el sistema de alcantarillado para cada una de las alternativas. Una vez definida la cantidad de personal, se calcula el costo de los mismos, al periodo de diseño, teniendo en cuenta aspectos como:

ASPECTOS	VALOR
Salario Mínimo 2021	$ 908.526
Auxilio de transporte	11.29%
Dotación	$120,000
Cesantías	SMMLV/12
Pensión	16.00%
Salud	12.50%
ARL	6.96%
Caja de Compensación	4%
Intereses de Cesantías	12.00%*CESANTIAS
Vacaciones	4.17%
ICBF	5%
Factor Hora Nocturna	1.35
Factor Hora Extra Diurna	1.75
Factor Hora Dominical	1.75
Factor Hora Extra Dominical	2
Factor Hora Extra Nocturna Dominical	2.5
Turno (2 Jornadas)	5:00 am – 9:00 am y 1:00 pm – 5:00 pm

Tabla 1.89. Costos por Personal Operario
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

La cantidad de personal requerido es el mismo para todas las alternativas, motivo por el cual los costos asociados a las actividades de operación y mantenimiento son iguales:

	CANTIDADES			VALOR TOTAL POR CARGO			TOTAL
ALT	OPERARIO	ADMINISTRADOR	VIGILANTE	ADMINISTRADOR	OPERARIO	VIGILANTE	
1	2	0.25	0	$ 230,467,418.20	$ 721,897,848.88	$ 0.00	$ 952,365,267.08
2	2	0.25	0	$ 230,467,418.20	$ 721,897,848.88	$ 0.00	$ 952,365,267.08
3	2	0.25	0	$ 230,467,418.20	$ 721,897,848.88	$ 0.00	$ 952,365,267.08
4	2	0.25	0	$ 230,467,418.20	$ 721,897,848.88	$ 0.00	$ 952,365,267.08

Tabla 1.90. Costos por Personal Operario
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.9.6.2 RESULTADOS

Según los parámetros descritos anteriormente, se obtiene los siguientes resultados.

EVALUACIÓN OPERATIVA Y MANTENIMIENTO				
ALTERNATIVA	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4
OPERATIVA	$ 952,365,267.08	$ 952,365,267.08	$ 952,365,267.08	$ 952,365,267.08
MANTENIMIENTO	$ 3,120,727,262.84	$ 3,996,658,464.16	$ 4,186,272,842.16	$ 4,237,420,169.48
VALOR	$ 4,073,092,529.92	$ 4,949,023,731.24	$ 5,138,638,109.24	$ 5,189,785,436.56
PUNTAJE	100.00	82.30	79.26	78.48

Tabla 1.91. Resultados Evaluación Operativa y Mantenimiento
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Como se puede observar, la alternativa más viable desde la perspectiva de operación y mantenimiento hacia el horizonte del proyecto corresponde a la alternativa número uno.

1.9.7 EVALUACIÓN VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad se define generalmente como cualquier condición de susceptibilidad a impactos externos que pudieran amenazar, en este caso, la construcción de cada una de las alternativas planteadas. Es por esto que, la evaluación de vulnerabilidad, permite conocer bajo qué condiciones adversas o de contingencia podría llegar a operar el sistema planteado; permite de esta manera descartar la alternativa que más vulnerabilidad presenta frente a fenómenos naturales propios de la región y elegir aquella que menor vulnerabilidad presente. En este contexto, la evaluación de la vulnerabilidad requiere un análisis y especial atención en dos fases:

- Análisis y caracterización de las amenazas que implica la evaluación de las áreas más vulnerables, asentamiento e infraestructuras.
- Un marco institucional para la aplicación de medidas de reducción de riesgos, mediante instrumentos de desarrollo de políticas, planes de contingencia y herramientas de gestión ambiental.

Con el fin de tener una mayor claridad de lo establecido en la evaluación de vulnerabilidad se deberá definir primero, los conceptos de Amenazas y Riesgos:

- Amenaza: Potencial ocurrencia de un hecho que pueda manifestarse en un lugar específico, con una duración e intensidad determinadas. Se puede considerar que es la materialización del riesgo.
- Riesgo: Materialización de una amenaza. Es la probabilidad latente de que ocurra un hecho que produzca ciertos efectos.

Teniendo en cuenta lo anterior, y dando cumplimiento a las fases de evaluación propuestas, como primera medida se deberá realizar un diagnóstico acerca de los riesgos y amenazas presentes en el municipio objeto del proyecto, por medio de lo establecido en los documentos de Ordenamiento Territorial del mismo, el cual podrá ser consultado en el Capítulo 1.2.2.8Amenazas y Riesgos del presente documento.

1.9.7.1 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Teniendo en cuenta lo evidenciado en la información recopilada para el municipio de el Espinal, se establecen los criterios de evaluación, los cuales se listan a continuación:

- Deslizamientos y movimientos en masa
- Inundaciones
- Vendavales
- Sismos

Además de tener en cuenta los riesgos identificados, la evaluación de vulnerabilidad tendrá como objetivo principal la selección de aquella alternativa que considere un menor riesgo, es por esto que también se evaluarán factores por asentamientos aledaños a cada una de estas, como:

- Fugas
- Contaminación del suelo

Los niveles de exposición de las alternativas planteadas a las calamidades dependerán de varios factores como:

- Ubicaciones de asentamientos aledaños a las áreas objeto de estudio.
- Ubicación en áreas propensas a amenazas naturales
- Factores que influyen en el aumento o incremento progresivo de los riesgos.
- Factores que influyen en la disminución o atenuación de los riesgos.

Teniendo en cuenta lo anterior, en la siguiente tabla se presentan los criterios de evaluación considerados para la evaluación de vulnerabilidad:

AMENAZAS	RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO
Lista de posibles amenazas al colector	**Riesgos asociados a las amenazas**	**Consecuencias del riesgo identificado**
Lluvias Torrenciales	Derrumbes	Rupturas en estructuras y tuberías.
	Inundaciones	Arrastre de sedimentos causando colmatación de tuberías
		Daño en estructuras de paso
		Contaminación de fuentes hídricas por desborde de aguas residuales.
Movimientos en masa	Deslizamientos	Rupturas en estructuras y tuberías
Sismos	Derrumbes, deslizamientos	Rupturas en estructuras y tuberías
Sequía	Incendios forestales	Rupturas en estructuras, tuberías y conexiones
Asentamientos Aledaños	Conexiones Ilegales	Aumento en aportes residuales a la PTAR
	Fugas	Conexiones erradas o infiltraciones de agua residual en la zona

Tabla 1.92. Criterios de Evaluación, Evaluación de Vulnerabilidad
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

La tabla anterior, presenta las amenazas potenciales a ocurrir en el área de influencia de cada alternativa. Las lluvias torrenciales pueden llegar a producir derrumbes e inundaciones como resultado del desbordamiento o superación de la capacidad de las estructuras del alcantarillado pluvial, lo que a su vez generaría rupturas en estructuras y tuberías del sistema y arrastre de sedimentos, causando la colmatación de tuberías. De igual forma, los asentamientos aledaños, pueden llegar aumento de las pérdidas técnicas en el sistema y fugas técnicas que se pueden presentar por fallas del sistema, además. Por otro lado, la remoción en masa es una amenaza latente en la zona.

Es de resaltar que, el éxito de la implementación de cualquiera de las alternativas planteadas dependerá a su vez de la magnitud de posibles riesgos y eventos considerados

1.9.7.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Una vez establecidos los criterios de evaluación, esta consultoría plantea una metodología de evaluación, la cual considera cuatro (04) etapas o pasos, los cuales son descritos a continuación:

- **ETAPA 1: ESTABLECER LAS AMENAZAS Y RIESGOS**

Como se describió anteriormente, las amenazas y riesgos se deberán establecer teniendo en cuenta los eventos históricos de emergencia de la zona. Estos se convertirán en las bases de evaluación de vulnerabilidad.

Se deberá establecer, además, el lugar y su valor correspondiente de donde se puede presentar cada uno de los riesgos planteados. A continuación, se presenta los riesgos asociados a las amenazadas con su respectiva descripción.

RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO
Riesgos asociados a las amenazas	**Consecuencias del riesgo identificado**
Derrumbes	Rupturas en estructuras y tuberías.
Inundaciones	Arrastre de sedimentos causando colmatación de tuberías
	Contaminación de fuentes hídricas por desborde de aguas residuales.
Deslizamientos	Rupturas en estructuras y tuberías
Sismos	Rupturas en estructuras, tuberías y conexiones
Conexiones Ilegales	Aumento en aportes residuales al colector
Fugas	Conexiones erradas o infiltraciones de agua residual en la zona

Tabla 1.93. Etapa 1, Evaluación de Vulnerabilidad
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

- **ETAPA 2: FACTORES QUE INFLUYEN EN LA APARICIÓN DEL RIESGO**

Una vez establecidos los criterios de evaluación en la etapa uno (01), se prosigue a establecer todos y cada uno de los factores que influyen en la probabilidad de ocurrencia del riesgo presentado, asignándoles a cada uno de estos un valor y la probabilidad de ocurrencia, tal como se presenta a continuación para la Alternativa No 1.

AMENAZAS	RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA APARICIÓN DEL RIESGO	CALIFICACIÓN DEL RIESGO	
				VALOR	PROBABILIDAD (%)

AMENAZAS	RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA APARICIÓN DEL RIESGO	CALIFICACIÓN DEL RIESGO	
Lista de Posibles amenazadas al sistema	**Riesgos asociados a las amenazas**	**Consecuencias del riesgo identificado**	**Factores que influyen en la probabilidad de ocurrencia**		**Afectación a la alternativa**
Lluvias Torrenciales	Deslizamientos y Movimientos en Masa	Rupturas en estructuras y tuberías	Derrumbes presentados en el área de influencia del proyecto	4	Inusual
	Inundaciones y Avalanchas	Daños en pasos que atraviesen drenajes o estructuras que estén cerca a estos	Crecientes presentados en el área de influencia del proyecto	5	Posible
Fallas del Sistema	Fugas	Rupturas en estructuras y tuberías	Presencia de actividades que pueden afectar la tubería del sistema	8	Probable
	Fallas en las estructuras	Derrames de Agua residual	Conducción de Agua residual	8	Probable

Tabla 1.94. Etapa 2, Calificación del Riesgo, Alternativa 1
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Las opiniones y manifestaciones de la comunidad se tomaron como aspectos claves al momento de establecer los factores que influyen en la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los riesgos establecidos.

- **ETAPA 3: FACTORES QUE AGRAVAN EL RIESGO**

La evaluación por factores que agravan el riesgo, se realiza con la consideración de otros factores que contribuirían a aumentar el riesgo presentado. A cada uno de estos agentes externos se les deberá asignar un valor de importancia, en una escala de 1 a 5, tal como se presenta a continuación, para la alternativa No 1. Es de aclarar que la evaluación completa se puede encontrar en el documento TOL-ESP-ALC-EVA-V0.

AMENAZAS	RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	FACTORES QUE AGRAVAN EL RIESGO			PUNTAJE
			CUALES SON	MAGNITUD		
Lista de Posibles amenazadas al sistema	**Riesgos asociados a las amenazas**	**Consecuencias del riesgo identificado**	**Agentes que agravan el riesgo**	**VALOR (1 a 5)**	**¿Qué tan importante es?**	
Lluvias Torrenciales	Deslizamientos y Movimientos en Masa	Rupturas en estructuras y tuberías	Deforestación en zona de influencia del sistema	2	Leve	8

AMENAZAS	RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	FACTORES QUE AGRAVAN EL RIESGO			PUNTAJE
			CUALES SON	MAGNITUD		
Lista de Posibles amenazadas al sistema	Riesgos asociados a las amenazas	Consecuencias del riesgo identificado	Agentes que agravan el riesgo	VALOR (1 a 5)	¿Qué tan importante es?	
	Inundaciones y Avalanchas	Daños en pasos que atraviesen drenajes o estructuras que estén cerca a estos	Ausencia de estructuras de protección	3	Medio	15
Fallas del Sistema	Fugas	Rupturas en estructuras y tuberías	Tipo de Tecnología y calidad de materiales	5	Muy Alto	40
	Fallas en las estructuras	Derrames de Agua residual		5	Muy Alto	40

Tabla 1.95. Etapa 3, Evaluación de Vulnerabilidad, Alternativa 1
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

A pesar de que se estableció un factor para cada uno de los riesgos considerados, es de aclarar que estos se seleccionaron teniendo en cuenta que todos pueden llegar a agravar cualquiera de los riesgos presentados. Para tener una idea más clara de lo descrito anteriormente, la deforestación en la zona de influencia del sistema además de agravar los derrumbes también puede influir en las inundaciones, así como la debilidad de instituciones.

- **ETAPA 4: CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD**

Una vez establecidos los factores que influyen y agravan la aparición de cada uno de los riesgos considerados, se procede finalmente a calcular la vulnerabilidad en porcentaje de ocurrencia para cada uno de estos, mediante la siguiente ecuación:

$$Vui = [Vri * Vai]$$

Donde,

Vui	Puntaje de Vulnerabilidad para un riesgo determinado
Vri	Valor para un riesgo determinado
Vai	Valor por agravación para un riesgo determinado.

1.9.7.3 RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados para cada una las zonas análisis, se muestra de forma discriminada los valores obtenidos para cada uno de los factores analizados.

Teniendo en cuenta cada uno de los criterios y la metodología establecida para la evaluación de vulnerabilidad, a continuación, se presentan los resultados de la evaluación para cada una de las alternativas planteadas:

AMENAZAS	RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	ALTERNATIVA			
Lista de posibles amenazas al sistema de alcantarillado	**Riesgos asociados a las amenazas**	**Consecuencias del riesgo identificado**	**1**	**2**	**3**	**4**
Lluvias Torrenciales	Derrumbes	Rupturas en estructuras y tuberías	8	8	8	8
	Inundaciones	Arrastre de sedimentos, causando la colmatación de tuberías en el sistema	15	15	15	15
Fallas del Sistema	Fugas/ Fallas en las Estructuras	Presencia de Ganadería, causando posibles rupturas en estructuras y tuberías del sistema	40	40	40	35
		Fugas técnicas que se pueden presentar por fallas del sistema	40	40	40	30
TOTAL			103	103	103	88
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD			85	85	85	100

Tabla 1.96. Resultados, Evaluación Vulnerabilidad
Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Teniendo en cuenta lo anterior, se evidencia que la alternativa que supone un menor porcentaje de vulnerabilidad por diferentes factores corresponde a la alternativa No 4, tal como se presenta en la siguiente figura:

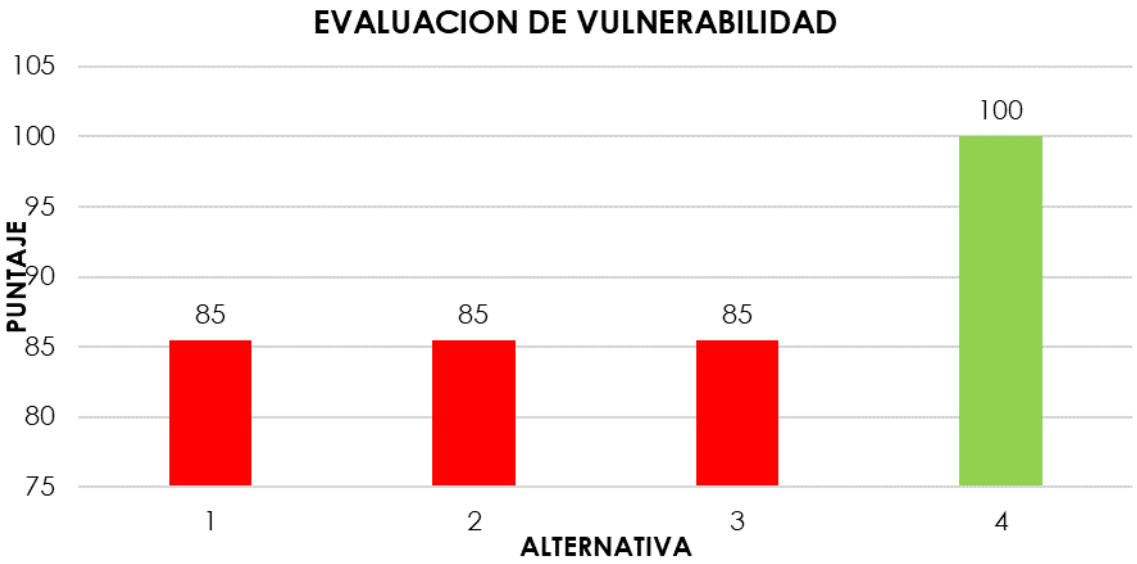


Figura 1.53. Evaluación de Vulnerabilidad

Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

1.9.8 ANÁLISIS DE VIABILIDAD Y PONDERACIÓN DE ALTERNATIVAS

Teniendo en cuenta lo expuesto en cada uno de los componentes de evaluación para la selección de la alternativa más viable, a continuación, se presentan los resultados por cada alternativa planteada, en donde se evidencia la más conveniente según las necesidades de la comunidad.

ASPECTO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4
EVALUACIÓN ECONÓMICA	100.00	78.08	74.55	73.65
EVALUACIÓN AMBIENTAL	97.68	97.68	98.33	100.00
EVALUACIÓN SOCIAL E INSTITUCIONAL	79.59	79.59	85.71	100.00
EVALUACIÓN PREDIAL Y CATASTRAL	81.49	82.54	82.75	100.00
EVALUACIÓN OPERATIVA Y MANTENIMIENTO	100.00	82.30	79.26	78.48
EVALUACIÓN VULNERABILIDAD	85.4	85.4	85.4	100.0
CALIFICACIÓN TOTAL	**90.51**	**83.52**	**83.40**	**91.26**

Tabla 1.97. Calificación Alternativa Más Viable

Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

De acuerdo a la asignación de puntajes y su peso porcentual dentro de cada aspecto a evaluar la alternativa más viable es la alternativa No 4, tal como se presenta en la siguiente gráfica.

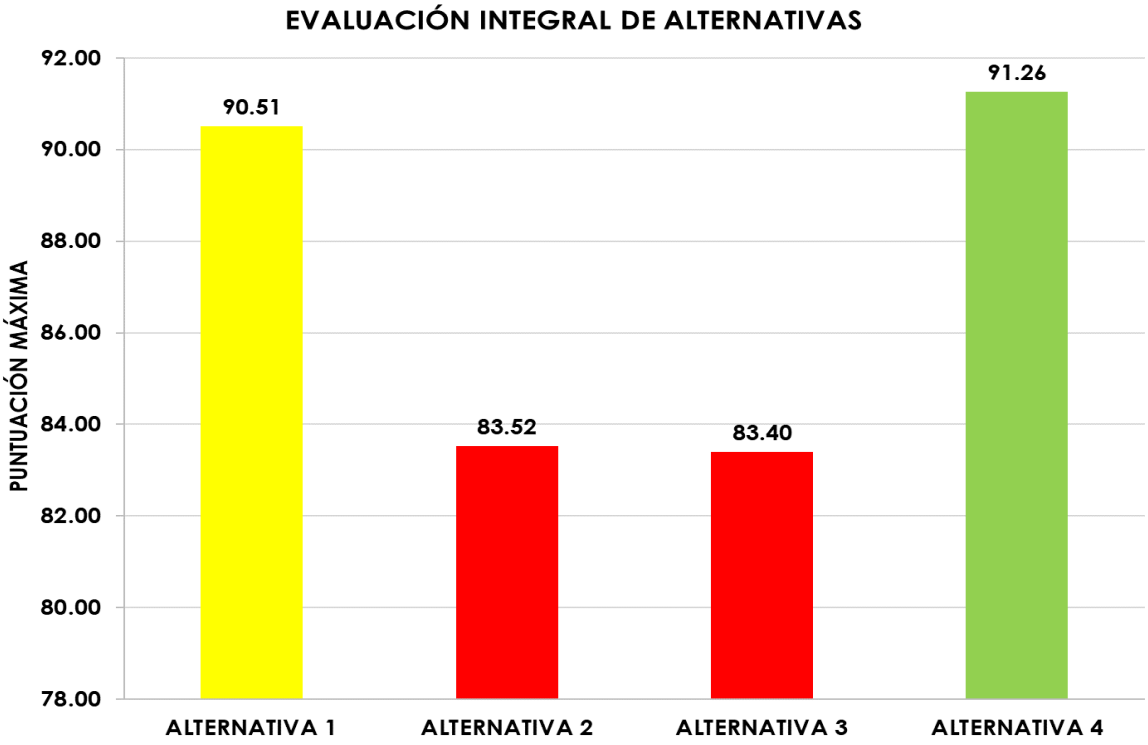


Figura 1.54. Evaluación General de Alternativas

Fuente. Ingeniería y Desarrollo Nacional INALDEX S.A.S, 2022

Como se puede observar del análisis anterior de alternativas, la alternativa más viable es la No 4.

Cabe destacar que esta alternativa a pesar de tener un costo de inversión inicial mayor, tiene beneficios económicos a mediano y largo plazo ya que no incluye la intervención de vía nacional ni de la vía férrea, lo cual disminuye las implicaciones jurídicas de los predios necesarios para su construcción.

CONCLUSIONES

- La alternativa de solución más viable, es la alternativa analizada número 4, la cual corresponde a un trazado de 5,987.8 m el cual tendrá inicio en la zona industrial, posteriormente, la red se proyecta por la Carrera 2 bajando en sentido sur hacia la Carrera 2 con Calle 15, una vez allí el colector baja por esta calle hasta llegar a la Carrera 5 y se va directamente por esta carrera, paralela a la vía nacional (Carrera 4), cruzando el municipio hasta llegar a la Calle 2, allí continua por la calle 2 hasta llegar a la carrera 7ma, donde se propone la proyección de un tramo en 36" para realizar la conexión con el colector sur.

- La alternativa 4, después de realizado el análisis mediante una matriz multicriterio donde se evalúan criterios, sociales, ambientales, económicos, prediales, operativos y de vulnerabilidad, se identifica como la alternativa más viable para dar solución a los vertimientos de la zona norte del municipio del Espinal.

- El municipio de El Espinal, ubicado en el departamento del Tolima, está conformado por Cuatro (4) comunas (en el área urbana) y Seis corregimientos; cuenta con Cuatro (4) vías de acceso, la primera es Ibagué – El Espinal, El Guamo – Neiva, El Espinal - Coello y la última El Espinal – Bogotá.

- Las principales amenazas que presenta el municipio son los incendios forestales, seguido de las inundaciones, los incendios por causas antrópicas y los vendavales.

- La topografía del municipio es ligeramente ondulada, la altitud del casco urbano es de 323 m.s.n.m; entre los principales elementos del municipio con mayor altitud se encuentran los cerros Carrasposo, De la Cruz y Cacique Dormido.

- La quebrada El Espinal, objeto de interés del presente proyecto, pertenece a la microcuenca de la quebrada Guayabal, que a su vez pertenece a la subcuenca hidrográfica del río Luisa y Otros directos al Magdalena de la Macrocuenca del Alto Magdalena. Además, presenta un clima Cálido con una temperatura media anual superior a los 28 °C y una precipitación entre los 1000 y 2000 mm.

- En la actualidad la EAAA de El espinal cuenta con una cobertura del 97.8% en el servicio de alcantarillado, el cual es prestado a una tarifa de entre los $2,700 y $8,000 pesos a 22,727 usuarios pertenecientes al área urbana del El Espinal y el corregimiento de El Chicoral.

- El sistema de alcantarillado está conformado por una longitud total de 143,394 metros de red, conformada por tubería PVC, Gres y concreto, y 1,768 cámaras de inspección. En el sector norte de este sistema, se identifican dieciséis (16) vertimientos que descargan directamente a la quebrada El Espinal y un importante caudal del Distrito de Riego USOCOELLO. El sistema de tratamiento de aguas residuales corresponde a un sistema de lagunas en serie conformado por: Una (1) Laguna Anaerobia, Una (1) Laguna Facultativa y Dos (2) Lagunas de Maduración; además cuenta con un sistema de pretratamiento conformado por: Dos (2) rejillas (una de gruesos y otra de finos) en hierro galvanizado, Dos (2) desarenadores y Dos (2) compuertas de control.

- De acuerdo con el análisis desarrollado por la consultoría, las áreas que se encuentran dentro del perímetro sanitario del colector norte se distribuyen de la siguiente forma:

USO	AREA (Ha)	AREA (km^2)
Residencial	126.95	1.27
Comercial	20.85	0.21
Institucional	8.32	0.08
Industrial	19.66	0.20
Recreacional	25.07	0.25
Expansión	56.70	0.57
Exclusión	77.38	0.77
TOTAL	**334.93**	**3.35**

- El método de proyección que más se ajusta a la dinámica poblacional del área de estudio corresponde al método geométrico con una tasa de crecimiento del 0.66%, obteniendo una total de 20,252 habitantes para el año 2048, quienes aportarán un caudal de aguas residuales domésticas de 27.89 L/s.

- El caudal de diseño del colector norte, considerando los aportes domésticos, comerciales, industriales, institucionales, así como el caudal por conexiones erradas e infiltración, corresponde a 187.03 L/s.

BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía de El Espinal . (2012). *Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos*. Municipio de El Espinal, Tolima.

Alcaldía de El Espinal. (2012). *Complementación del Plan de Saneamiento y Manejo deVertimientos "PSMV" de El Espinal*. Municipio de El Espinal, Tolima.

Alcaldía de El Espinal. (2020). *Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de El Espinal - PMGRD*. Municipio de El Espinal, Tolima. Recuperado el 1 de Abril de 2022, de https://www.elespinal-tolima.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/PMGRD-ESPINAL%20TOLIMA-2020.pdf

Alcaldía de El Espinal. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal 2020 -2023.* Tolima, Municipio de El Espinal.

Alcaldía de El Espinal. (s.f.). Secretaría de Planeación y TIC. *El Espinal: Estadísticas 2011 - 2014*. Municipio El Espinal, Tolima.

Capítulo II: Dimensión Urbano -Espacial. (s.f.). *Esquema de Ordenamiento Territorial*. Obtenido de https://www.colombiaot.gov.co/docuvisor/

CORTOLIMA. (s.f.). Formulación POMCA Río Luisa y Otros Directos al Magdalena. Tolima. Recuperado el 31 de Marzo de 2022, de https://cortolima.gov.co/planes-y-programas/gestion-integral-del-recurso-hidrico/3405-pomca-rio-luisa-2019

DANE. (2018). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. *Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV 2018*.

EAAA El ESPINAL. (2016). Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de El Espinal E.S.P. *Informe 6: Catastro de Redes e Infraestructura de los Sistemas de Acueducto y Alcantarillado*. Tolima, Municipio de El Espinal.

IDEAM. (2013). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. *Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia*.

IDEAM. (2014). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. *Atlas Climatológico*. Recuperado el 31 de Marzo de 2022, de http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Temp_Med_Anual.pdf

ANEXOS

ANEXO 1. INFORMACIÓN SOLICITADA

(MEDIO FÍSICO Y MAGNÉTICO)
El archivo digital se localiza en el CD que se entrega en el inicio del documento

ANEXO 2. INFORMACIÓN RECIBIDA

(MEDIO FÍSICO Y MAGNÉTICO)
El archivo digital se localiza en el CD que se entrega en el inicio del documento

ANEXO 3. CATASTRO

(MEDIO FÍSICO Y MAGNÉTICO)
El archivo digital se localiza en el CD que se entrega en el inicio del documento

ANEXO 4. EVALUACIÓN HIDRÁULICA

(MEDIO FÍSICO Y MAGNÉTICO)
El archivo digital se localiza en el CD que se entrega en el inicio del documento

ANEXO 5. ESTUDIO DE POBLACIÓN

(MEDIO FÍSICO Y MAGNÉTICO)
El archivo digital se localiza en el CD que se entrega en el inicio del documento

ANEXO 6. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

(MEDIO FÍSICO Y MAGNÉTICO)
El archivo digital se localiza en el CD que se entrega en el inicio del documento

ANEXO 7. ESTUDIO HIDROLOGICO

(MEDIO FÍSICO Y MAGNÉTICO)
El archivo digital se localiza en el CD que se entrega en el inicio del documento

ANEXO 8. ALTERNATIVAS

(MEDIO FÍSICO Y MAGNÉTICO)
El archivo digital se localiza en el CD que se entrega en el inicio del documento

ANEXO 9. EVALUACION DE ALTERNATIVAS

(MEDIO FÍSICO Y MAGNÉTICO)
El archivo digital se localiza en el CD que se entrega en el inicio del documento